

BÖLN

Bundesprogramm Ökologischer Landbau
und andere Formen nachhaltiger
Landwirtschaft

Nutzung von Resistenzmechanismen verschiedener Rebarten als Alternative zum Einsatz von Kupfer im Ökoweinbau

Utilization of resistance mechanisms of diverse vine species for substituting copper applications
in ecological vineyards

FKZ: 09OE053

Projektnehmer:

Julius Kühn-Institut
Institut für Ökologische Chemie, Pflanzenanalytik und Vorratsschutz
Königin-Luise-Straße 19, 14195 Berlin
Tel.: +49 30 8304-2501
Fax: +49 30 8304-2503
E-Mail: oeqv@julius-kuehn.de
Internet: www.julius-kuehn.de/oeqv/

Autoren:

Strumpf, Thomas; Grünwald, Maike; Fischer, Michael; Ellner, Frank M.; Hoffmann, Christoph; Kauer,
Randolf; Ulrich, Detlef; Buchhorn, Roland

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere
Formen nachhaltiger Landwirtschaft.

BÖLN

Bundesprogramm Ökologischer Landbau
und andere Formen nachhaltiger
Landwirtschaft



Abschlussbericht

Titel des Forschungsvorhabens:

Nutzung von Resistenzmechanismen verschiedener Rebarten als Alternative zum Einsatz von Kupfer im Ökoweinbau

Förderkennzeichen Bundesprogramm Ökologischer Landbau: 2809OE53

Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2011 – 31.12.2013

Zuwendungsempfänger: Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen

Institut für ökologische Chemie, Pflanzenanalytik und Vorratsschutz
Königin – Luise - Str. 19, 14195 Berlin und Erwin – Baur - Str. 27, 06484
Quedlinburg

Institut für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau
Geilweilerhof, 76833 Siebeldingen

Kooperationspartner: ECOVIN GmbH

Wormser Str. 162, 55276 Oppenheim
in Zusammenarbeit mit

Hochschule Geisenheim University, Lehrstuhl Ökologischer Weinbau, von
– Lade - Str. 1, 65366 Geisenheim

Autoren:

Thomas Strumpf, Maike Grünwald, Michael Fischer, Frank M. Ellner,
Ralph Dejas, Christoph Hoffmann, Randolph Kauer, Detlef Ulrich und
Roland Buchhorn

Technische Assistenz

Hanne-Lore Möbius, Dagmar d'Aguiar, Karin Zinn, Manfred Berg und
Kirsten Weiß

Nutzung von Resistenzmechanismen verschiedener Rebarten als Alternative zum Einsatz von Kupfer im Ökoweinbau (Thomas Strumpf, Maike Grünwald, Michael Fischer, Frank M. Ellner, Christoph Hoffmann, Randolph Kauer, Ralph Dejas, Detlef Ulrich und Roland Buchhorn)

Extrakte aus Wildreben bzw. Hybriden mit hoher Resistenz:

Es war zu prüfen, ob durch die Applikation von Blattextrakten von Nicht-*Vitis-vinifera*-Rebsorten auf Qualitätsrebsorten *Plasmopara viticola* und andere Pathogene bekämpft, unterdrückt oder pflanzeneigene Abwehrmechanismen bei Qualitätsrebsorten durch in den Extrakten enthaltene Elicitoren aktiviert werden können resp. ob mit den Pflanzenextrakten eine direkte Bekämpfung dieser Problem-schaderreger möglich ist.

Kupferreduktionspotential bei Anbau neuer *Vitis vinifera* PIWI - Sorten:

Der Anbau von PIWI's ermöglicht einen weitgehenden Verzicht auf Pflanzenschutz und ist ökologisch und ökonomisch die nachhaltigste Form des Weinbaus überhaupt. Das Kupfereinsparungspotential durch den Anbau von PIWI's ist vermutlich abhängig von der Resistenz der Sorte und von den klimatischen Bedingungen am Standort. Das für die jeweilige Sorte notwendige Maß an Pflanzenschutz soll in diesem Projekt erstmals ermittelt werden. Daraus lässt sich ein durchschnittliches Einsparpotential an Kupfer bestimmen. Orientierungsversuche mit geringen Stockzahlen im Freiland an Zuchtstämmen mit bereits pyramidierten *Plasmopara*-Resistenzen wurden in einer 2009 erstellten Prüfanlage mit Überkronenberegnung durchgeführt, in der beliebig hohe Befallsbedingungen für die Rebenperonospora geschaffen werden können.

Utilization of resistance mechanisms of diverse vine species for substituting copper applications in ecological vineyards (T. Strumpf, M. Grünwald, M. Fischer, F. M. Ellner, Chr. Hoffmann, R. Kauer, R. Dejas, D. Ulrich und R. Buchhorn)

Extracts from wild vine respectively highly resistant hybrids:

It has been investigated if leaf extracts produced from non-*Vitis-vinifera* species and applicated on quality vine species are able to suppress or control *Plasmopara viticola* and other pathogens or if plant's own defence mechanism can be activated by elicitors from these extracts.

The potential for reducing copper applications of new and fungi-resistant cultivars of *Vitis vinifera*:

The cultivation of fungi-resistant species can reduce the intensity of plant protection to a large extent and is ecologically and economically the most sustainable form of viticulture. The potential of copper savings due to fungi-resistant cultivars is probably depending on the resistance of the cultivar itself as well as on regional climatic conditions. In this study the specific level of plant protection will be investigated for the first time. An experimental plot with a specific overhead irrigation system was established in 2009. Here, first experiments simulating different levels of infection pressure have been conducted based on a limited number of vine plants showing pyramidized resistance against *Plasmopara*.

Inhaltsverzeichnis	Seite 3
Abkürzungsverzeichnis	Seite 4
1. Einführung	Seite 4
1.1 Gegenstand des Vorhabens	Seite 5
1.2 Ziele und Aufgabenstellung des Projekts	Seite 5
1.3 Planung und Ablauf des Projektes	Seite 6
2. Wissenschaftlicher und technischer Stand	Seite 6
3. Material und Methoden	Seite 7
3.1 Extrakterstellung und Wirksamkeitsversuche	Seite 7
3.2 Analysen flüchtiger und nicht-flüchtiger Inhaltsstoffe	Seite 9
3.3 Freilandversuche	Seite 9
4. Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse	Seite 11
5. Diskussion der Ergebnisse	Seite 13
Inhaltsstoffe in den Extrakten 2013	Seite 13
Korrelation der Inhaltsstoffe mit Resistenzeigenschaften	Seite 15
Vergleich ethanolhaltiger Extrakte 2012 und 2013	Seite 16
Vergleich der Resistenzmarker aus den Homogenisaten BBCH 6 in 2011 bis 2012	Seite 16
Ermittlung der biologischen Wirksamkeit der Blattextrakte	Seite 21
Wirksamkeitsprüfung von Pflanzenextrakten an Blattscheiben in Klimakammern bzw. im Gewächshaus	Seite 22
Ermittlung des Kupfer-Reduktionspotentials an neuen Piwi-Sorten	Seite 25
Bestimmung des Kupfer-Reduktionspotentials an PIWI-Sorten im Vergleich zu traditionellen Sorten - Feldversuche	Seite 25
Bestimmung der minimal notwendigen Zahl von Kupferapplikationen bei PIWI Rebsorten	Seite 26
Kupferminimierungsstrategien	Seite 31
Erhebung von mit pilzwiderstandsfähigen Sorten bestockter Rebfläche und deren Auswirkungen auf das Kupfer-Einsparpotential	Seite 32
6. Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und zur Verwertbarkeit der Ergebnisse	Seite 38
7. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen	Seite 39
8. Zusammenfassung	Seite 40
9. Literaturverzeichnis	Seite 40
10. Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten Veröffentlichungen zum Projekt	Seite 41
II. Anhänge zum Schlussbericht: kurz gefasster Erfolgskontrollbericht	Seite 42
Anhang 1: Pflanzplan	Seite 45
Anhang 2: Versuchsaufbau Topfpflanzen	Seite 49
Abbildungsverzeichnis	Seite 50
Tabellenverzeichnis	Seite 51
Bildverzeichnis	Seite 52

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
BBCH	Einteilung der Entwicklungsstadien von mono- und dikotyler Pflanzen unter Beteiligung der Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, dem Bundessortenamt und der Chemische Industrie
cal	Calandro
con	Concord
del	Delaware
GLV	green leaf volatiles
HPLC-MS	High performance liquid chromatography-mass spectrometry
HS-SPME-GC-MS	Headspace-Solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry
ID	Interne Identifikationsnummer der detektierten Blatinhaltsstoffe
mlt	Müller-Thurgau
oth	Othello
pho	Phoenix
PSM	Pflanzenschutzmittel
reg	Regent
RI	Retentionsindex
rie	Riesling
rip	Ripatella
ris	Rote Isabella
vla	<i>Vitis labrusca</i> (Fuchsrbe)
vri	<i>Vitis riparia</i> (Uferrebe)
wis	Weißer Isabella
ρ	Korrelationskoeffizient
Befallsschwere	BS
Befallshäufigkeit	BH
Standardabweichung	SD

1. Einführung

Die EU-Kommission hat Kupfer wegen seiner Bedeutung für verschiedene Kulturen 2009 als PSM-Wirkstoff in den Anhang I der Richtlinie 91/414/EWG aufgenommen. Dies erfolgte jedoch mit Fristsetzung bis November 2016 unter der Auflage, dass die Mitgliedsländer Maßnahmen zur Reduzierung der Anwendung ergreifen, da kupferhaltige PSM seit längerem im Zentrum von Diskussionen um eine nachhaltige Landwirtschaft stehen (u.a. kritische Bewertung der Wirkungen von Kupfer auf Bodenorganismen einschließlich Wirbeltieren im Zulassungsverfahren)[1].

Bereits seit 2008 haben mehrere Fachgespräche zum Thema „Kupfer als Pflanzenschutzmittel“ - zuletzt am 5. Dezember 2013 in Berlin - stattgefunden, die unter Federführung der Verbände und im Einvernehmen mit den zuständigen Behörden dem Ziel dienten, ein „Strategiepapier zum Einsatz von Kupfer als Pflanzenschutzmittel in der Landwirtschaft unter besonderer Berücksichtigung des Ökologischen Landbaus“ [2] zu entwickeln und den aktuellen Ergebnissen anzupassen. Diese Strategie setzt die langjährigen Bemühungen fort, den Kupfereinsatz im Pflanzenschutz zu reduzieren (Kupferminimierungsstrategie).

Da bisherige Forschungsansätze noch zu keinen praxisverwertbaren Verfahren geführt haben, welche die auszubringende Kupfermenge unter 3 kg Reinkupfer pro ha und Jahr auf ökologisch bewirtschafteten Rebflächen senken konnten, war die Suche nach Alternativen für die Bekämpfung von Problemschaderregern auf der Grundlage neuer Wirkprinzipien dringend geboten (Teil 1 des Projekts).

„Nutzung von Resistenzmechanismen verschiedener Rebsorten als Alternative zum Einsatz von Kupfer im Ökologischer Weinbau“ – Abschlussbericht des JKI, Januar 2011 – Dezember 2013

Im Ökoweinbau ist Kupfer auch heute noch das einzig wirksame Fungizid gegen den Falschen Mehltau der Rebe (*Plasmopara viticola*), den Roten Brenner (*Pseudopezicula tracheiphila*) und die Schwarzfäule (*Guignardia bidwellii*) und die weitere Verfügbarkeit von Kupfermitteln somit existenziell für Ökologischen Weinbau in Deutschland. Mit dem Anbau neuer (pilzwiderstandsfähiger - PIWI's) *Vitis vinifera* Sorten können Kupferanwendungen reduziert und auf Pflanzenschutz teilweise verzichtet werden. Das für die jeweilige Sorte notwendige Maß an Pflanzenschutz wurde erstmals in Freilanduntersuchungen ermittelt und ein durchschnittliches Kupfereinsparpotential bestimmt (Teil 2 des Projekts).

In Verbindung mit der Ermittlung des aktuellen Anbauumfangs von PIWI's in Deutschland wurden mit Hilfe eines neuen Schlagkarteisystems bei den beteiligten ökologisch wirtschaftenden Qualitätsweinbaubetrieben vorhandene Spritzpläne zu aufgetragenen Kupfermengen der letzten Jahre sortenabhängig ausgewertet und praxisangelehnte Kupfer-Minimierungspotentiale abgeleitet (Teil 3 des Projekts).

1.1 Gegenstand des Vorhabens

Die Rebenperonospora (*Plasmopara viticola*) und die Versuchspflanzen (Wildreben bzw. Amerikaner-Hybridsorten) stammen beide aus Nordamerika. Die Pflanzen sind widerstandsfähig gegenüber dem Phytopathogen, was darauf hindeutet, dass der Wirt im Laufe der Evolution Mechanismen zum Schutz gegenüber dem Schaderreger entwickelt hat.

Es wurde deshalb untersucht, warum der Pilz die Weinblätter der Wildreben/Hybridsorten nicht/oder nur schwach infiziert und mit welchen Inhaltsstoffen die Pflanze sich vor einer Infektion durch das Phytopathogen schützt. Deshalb wurde eine Analyse der Blattinhaltsstoffe von 9 Amerikaner-Hybridsorten, einer eingeführten PIWI (Regent) und einer sensible Europäerrebe (Phoenix = Bacchus' x 'Villard blanc') zu unterschiedlichen Entwicklungsstadien (BBCH) mittels Metabolom-Analysen von Reben-Genotypen unterschiedlicher Resistenz gegen *Plasmopara viticola* durchgeführt.

Mit dem Metabolite-Profiling wurden Hinweise erhalten, welche Wildreben bzw. Hybridsorten am besten für eine Extrakterstellung geeignet sind (die beste Wirksamkeit zum Schutz der Europäer-Reben gegenüber *Plasmopara viticola* entwickeln). Neben dem Herausfinden der für eine Extrakterstellung geeigneten Hybridsorten war zu klären, in welchen Weinblattauszügen, zu welchem Zeitpunkt und in welcher Extraktkonzentration eine Wirksamkeitsprüfung im Blattscheibentest (später Wirt-Parasit Test) an sensiblen Europäerreben erfolgreich durchgeführt werden kann.

1.2 Ziele und Aufgabenstellung des Projekts, Bezug des Vorhabens zu den einschlägigen Zielen des BÖLN

Aus einer Literaturstudie des JKI lässt sich ableiten, dass die langfristige Anwendung von Kupfer zu erhöhten Bodengehalten geführt hat, die schädigend auf viele Arten von Bodenorganismen wirken kann [3]. Für die zahlreichen ökologisch wirtschaftenden mittelständigen Weinbaubetriebe gelten kupferhaltige Pflanzenschutzmittel noch als unverzichtbar, solange keine ausreichend resistenten Rebsorten zur Verfügung stehen und auch vom Verbraucher akzeptiert werden. Für den konventionellen Anbau sind kupferhaltige Pflanzenschutzmittel ein wichtiger Baustein für ein nachhaltiges Resistenzmanagement in Verbindung mit der Anwendung synthetischer PSM. Es ist deshalb dringend geboten, die Anwendung kupferhaltiger PSM so zu reduzieren, dass die Kupfereinträge denen der -austräge auf den Zielflächen nahe kommen, um das Eintreten unerwünschter Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit resp. eine zukünftige Gefährdung nachhaltiger Bewirtschaftungsmanagementsysteme des Ökologischen Weinbaus auszuschließen.

Es war deshalb zu prüfen, ob durch die Applikation von Blattextrakten von Nicht-*Vitis-vinifera*-Rebsorten auf Qualitätsrebsorten *Plasmopara viticola* und andere Krankheiten bekämpft, unterdrückt oder pflanzen-eigene Abwehrmechanismen bei Qualitätsrebsorten durch in den Extrakten enthaltene Elicitoren aktiviert werden können resp. ob mit den Pflanzenextrakten eine direkte Bekämpfung dieser Problemschaderreger möglich ist (Kupferminimierung/-verzicht durch neue Prinziplösung).

Da das Kupfereinsparpotential durch den Anbau von PIWI's vermutlich von der Resistenz der Sorte und von den klimatischen Bedingungen am Standort abhängig ist, war sortenabhängig das notwendige Maß an Pflanzenschutz zu ermitteln und daraus ein durchschnittliches Einsparpotential an Kupfer zu bestimmen.

1.3 Planung und Ablauf des Projektes

Die im Zuweisungsschreiben der Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau vom 22.07.2010 befürwortete Projektlaufzeit (1.08.2010 bis 31.07.2013) konnte auf Antrag unbürokratisch kosten- und lauzeitneutral verschoben werden (Laufzeit nunmehr 01.01.2011-31.12.2013). Bei der zuerst avisierten Projektlaufzeit wären nur Wirksamkeitsprüfungen über eine Vegetationsperiode möglich gewesen (Früh- und/oder Spätinfektionen durch *Plasmopara viticola* wären 2010 und 2013 nicht erfassbar gewesen). Eine Verschiebung der Projektlaufzeit auf Anfang 2011 hat die Ergebnissicherheit deutlich erhöht (Versuche über 3 volle Vegetationsperioden).

2. Wissenschaftlicher und technischer Stand

Kupferhaltige Pflanzenschutzmittel stehen seit längerem im Zentrum von Diskussionen um eine nachhaltige Landbewirtschaftung. In mehreren Fachgesprächen wurden Risiken und Nutzen von Anwendungen kupferhaltiger Mittel dargestellt. Vor dem Hintergrund der kritischen Bewertung der Wirkungen von Kupfer auf Bodenorganismen einschließlich Wirbeltieren im Zulassungsverfahren bestand seit der Fachkonferenz „Kupfer im Pflanzenschutz: Geht es auch ohne?“ des BMU am 9. Juni 2009 zwischen den beteiligten Kreisen Einvernehmen darüber, Kupferanwendungen im Ökologischen Landbau mittelfristig zu reduzieren (Ziel: Eintrag = Austrag) und verstärkt nach Alternativen für die Bekämpfung von Problemschaderregern auf der Grundlage neuer Wirkprinzipien zu suchen.

Im Ökoweinbau ist Kupfer auch heute noch das einzig wirksame Fungizid gegen den Falschen Mehltau der Rebe (*Plasmopara viticola*), den Roten Brenner (*Pseudopezicula tracheiphila*) und die Schwarzfäule (*Guignardia bidwellii*). Die Existenz des Ökologischen Weinbaus in Deutschland, aber auch in anderen europäischen Ländern der Weinbauzonen A+B hängt momentan noch ganz wesentlich von der weiteren Verfügbarkeit von Kupfermitteln ab. Speziell in diesen Zonen ist die Rebenperonospora im Ökoweinbau regelmäßig prophylaktisch zu bekämpfen, da keine kurativen Mittel zur Verfügung stehen. Ein Verzicht auf kupferhaltige Präparate würde zu einer verringerten Produktionssicherheit im Ökoweinbau in den genannten Gebieten führen.

Bisherige Forschungsansätze haben zu keinen praxisverwertbaren Verfahren geführt, welche die auszubringende Kupfermenge unter 3 kg Reinkupfer pro ha senken konnten. Um Kupferanwendungen bei anfälligen Rebsorten im ökologischen Weinbau mittelfristig zu reduzieren, muss verstärkt nach alternativen Wirkprinzipien und neuen Grundansätzen der Bekämpfung von Krankheiten gesucht werden. Das vorliegende Projekt sollte durch die Nutzung resistenter Reben auf unterschiedlichen Ebenen Auswege für den Ökoweinbau aus der Abhängigkeit von Kupfer finden.

Wie die einschlägige Literatur zeigt, sind die Mechanismen und insbesondere die stoffliche Grundlage der Resistenz gegen Falschen Mehltau der Rebe (*Plasmopara viticola*), den Roten Brenner (*Pseudopezicula tracheiphila*) und die Schwarzfäule (*Guignardia bidwellii*) weitgehend unbekannt. Die im Themenblock 1 zu bearbeitende wissenschaftliche Aufgabenstellung war deshalb eine sogenannte nichtzielgerichtete Analytik, d. h. die Targets Substanzen waren *a priori* nicht bekannt und sollten in einem funktionellen Screening identifiziert werden. Entscheidend für den gesamten Themenblock waren neben der Wahl der Reben die Etablierung einer geeigneten Probenahme und Lagermöglichkeiten für die Weinblätter.

In den letzten Jahren wurde intensiv zu Kupfer-Alternativen und zur Optimierung der Wirkung von Kupferpräparaten gearbeitet. Bisherige Forschungsansätze sind in folgende Kategorien einteilbar:

- Verbesserung der Applikationstechnik
- Veränderte Formulierungen: Verminderung der Abwaschung des Kupfers durch synthetisch-organische Trägersubstanzen für Kupferionen → Wirkung hält länger an.
- Kombination reduzierter Kupfermengen mit Pflanzenextrakten oder Pflanzenstärkungsmitteln
- Induktion von Resistenz durch Elicitoren

Dabei wurde deutlich, dass es für die Anwendung von Kupfer im Weinbau bisher keine hinreichend wirksamen Alternativen gibt.

Für die Herstellung von Qualitätswein bestimmter Anbaugebiete (QbA) ist in der Europäischen Gemeinschaft die Zulassung als Qualitätsrebsorte und deren Anbau ausschließlich auf Vertreter der Art *Vitis vinifera* ("Europäerreben") beschränkt. Nach negativen Erfahrungen mit Weinqualität beim Anbau so genannter Direktträgerhybriden im 19. und 20. Jahrhundert war bisher niemals über eine Nutzung ihres bioche-

„Nutzung von Resistenzmechanismen verschiedener Rebsorten als Alternative zum Einsatz von Kupfer im Ökoweinbau“ – Abschlussbericht des JKI, Januar 2011 – Dezember 2013

mischen Potentials im Rahmen einer Resistenzantwort im Pflanzenschutz nachgedacht worden. Über die Bildungsmechanismen der pflanzeigenen Abwehrstoffe gegen die pilzlichen Problemerkregner in den Reb-pflanzen und deren Struktur war bisher wenig bekannt. Neuere Arbeiten zur Aktivierung von Resistenz sind überwiegend molekulargenetischer Natur oder beschäftigen sich mit induzierter Resistenz. Biochemi-sche Forschungsarbeiten am Endpunkt der Resistenzkaskade gab es in den letzten Jahren praktisch nicht.

Deutschland hat im Bereich der Züchtung pilzwiderstandsfähiger Rebsorten (Piwis) mit den Züchtungs-standorten Siebeldingen, Freiburg und Geisenheim weltweit eine herausragende Vorreiterrolle, die im Ausland Beachtung findet. Andererseits ist die Einführung neuer Rebsorten ein sehr langsamer Prozess. Ihr Anbau ermöglicht einen weitgehenden Verzicht auf Pflanzenschutz und wäre ökologisch und ökonomisch die nachhaltigste Form des Weinbaus überhaupt, wenn der produzierte Wein auch verkauft würde. Im Moment gibt es eine Reihe von weitgehend resistenten Piwi-Neuzüchtungen, die vielen Winzern und Verbrauchern noch gar nicht bekannt sind. Diese müssen von den Geschmacksprofilen ihrer Weine her die Konkurrenz zu klassischen Rebsorten nicht scheuen. Die meisten dieser Sorten sind aufgrund vielfacher Rückkreuzungen als Europäerrebe (*Vitis vinifera*) klassifiziert und können damit für die Produktion von Qualitätswein herangezogen werden.

Im vorliegenden Projekt sollte geprüft werden wie viel Pflanzenschutz die jeweiligen Sorten in den jeweili-gen Versuchsjahren benötigen und wie hoch das Kupferreduktionspotential bei Anbau dieser Sorten wäre.

Ein neuer Ansatz verbarg sich hinter der zu prüfenden Frage, ob in resistenten Wildreben, die hohem Infektionsdruck ausgesetzt sind, extrahierbare Substanzen gebildet werden, die - als Extrakt auf anfällige Europäerreben appliziert - eine fungizide Wirkung entfalten, mit der Europäer-Rebsorten in ausreichen-dem Maß gegen die wichtigsten Krankheiten geschützt werden können.

3. Material und Methoden

3.1 Extrakterstellung und Wirksamkeitsversuche

Es wurden aus sechs Rebengenotypen ethanolhaltige Extrakte hergestellt. Je drei Genotypen wurden an den Standorten Berlin-Dahlem und Siebeldingen angebaut (Tab. 1).

Tab. 1: Rebengenotypen, aus denen ethanolhaltige Extrakte hergestellt wurden und ihre Resistenzboni-turnoten, die nach dem Blattscheibentest erfolgte gemäß OIV Deskriptor 452-1

Genotyp	Art	Standort	Resistenzboniturnoten (Median der Blatt-scheibentests vom 15.5. + 12.6.2013)
Phoenix	<i>Vitis vinifera</i>	Berlin	5
Regent	<i>V. vinifera</i>	Siebeldingen	3
Calandro	<i>V. vinifera</i>	Siebeldingen	3
Akzession 76-50-1	<i>V. riparia</i>	Siebeldingen	7
Weißbe Isabella	Vermutlich <i>V. labrusca</i> [4]	Berlin	7
Ripatella	Vermutlich <i>V. riparia</i> x (<i>V. rupestris</i> x <i>V. aestivalis</i>) [5]	Berlin	9

Die sechs Genotypen wurden auf Grundlage ihrer unterschiedlichen Resistenzeigenschaften gegenüber Falschem Mehltau (*Plasmopara viticola*) ausgewählt. Blattextrakte wurden von vier verschiedenen Ent-wicklungsstadien der Genotypen hergestellt (Tab. 2). Die Herstellung der Blattextrakte erfolgte in Siebel-dingen analog zu dem aus Dahlem vorgegebenen Protokoll, allerdings mit weniger Ausgangsmaterial. Dazu wurden 75 g Blätter/Sorte in 450 ml Leitungswasser mit einem Labormixer (Watson) zerkleinert, anschließend bei 50 °C auf dem Magnetrührer mit Hilfe eines Temperaturlühlers 2,5 Stunden inkubiert. Nach der Inkubation wurde das Homogenat über eine feine Gaze abfiltriert. Nach erneuter Filtration wurde das absolute Volumen ermittelt und 10 Vol% Ethanol, 95% zugegeben. Das Filtrat wurde in dunklen Flaschen bis zur Verwendung bei 4° C gelagert. Die Extrakte wurden am nächsten Tag immer direkt ver-wendet, für Blattscheiben und/oder Topfpflanzen, danach wieder dunkel bei 4° C aufbewahrt. Die Blatttex-trakte der Sorten Regent, Calandro und der *Vitis*-Art *V. riparia* wurden in Siebeldingen hergestellt.

Im Jahr 2013 wurden zwei Änderungen vorgenommen. Nach der Filtration des Extrakts wurde Ethanol erst nach der Extraktion direkt vor der Lagerung hinzugefügt.

Tab. 2: Herstellungsdatum der Extrakte in Siebeldingen und Berlin sowie Entwicklungsstadien nach BBCH zum Zeitpunkt der Extraktherstellung

Herstellungsdatum	Entwicklungsstadium	Makrostadium
18.-20.06.2013	63-66	6
15.07. bzw. 23.-24.07.2013	78-80	7
26.-28.08.2013	81-83	8
09.09. bzw. 24.-25.09.2013	87-89	9

Ermittlung der biologischen Wirksamkeit der Blattextrakte

Aus dem apikalen Bereich der Reben von Regent, Phönix und Rote Isabella wurden Blätter mit einheitlichem Entwicklungsstadium entnommen, die Symptome eines Befalls mit *Peronospora* aufwiesen. Die Blätter wurden gekühlt ins Labor verbracht und sofort mit 1:2 verdünnten Extrakten von Ripatella, Weißer Isabella und als Kontrolle mit einem Wasser/Ethanol-Gemisch besprüht. Zur besseren Haftung wurde allem Sprühgut das Detergenz „Silwett“ in einer Endkonzentration von 0,01% zugesetzt. Die Blätter wurden anschließend Sortenrein in den drei Behandlungsvarianten in verschließbaren Plastikschaalen aufgeteilt; der Zusatz von jeweils 100 ml Wasser erfolgte zur Vitalerhaltung der Blätter über den Untersuchungszeitraum. Alle 2 Tage erfolgte die Erfassung der Befallsstärke in Prozent.

in vitro Gewächshausversuche mit *Peronospora* inokulierten Reben

Für die Herstellung wurde mit *Peronospora* infiziertes Blattmaterial aus dem Gewächshaus verwendet. Die Sporangien wurden mit kaltem Leitungswasser unter Verwendung eines Pinsels abgespült und in einem mit Eis gekühltem Becherglas aufgefangen. Anschließend erfolgte die Auszählung der Sporangien unter dem Mikroskop (Leica) unter Verwendung einer Neubauer improved-Zählkammer. Die Sporangien suspension wurde auf ≈ 50.000 Sporen/ml eingestellt und bis zur Verwendung bei 4° C gelagert.

Auswahl von 2-Augen-Stecklingen

2-Augen-Stecklinge wurden im Gewächshaus in Töpfen (Ø 14 cm) vorgezogen, um die Wirksamkeit der in Dahlem und Siebeldingen hergestellten Extrakte zu testen. Pro Sorte wurden 56 Pflanzen bereit gestellt, insgesamt 336 Pflanzen. An den ausgewählten Sorten (Müller-Thurgau, Riesling, Weißburgunder, Spätburgunder, Regent, Calandro) wurden jeweils fünf Blattextrakte widerstandsfähiger, resistenter Rebsorten bzw. *Vitis*-Arten getestet, zusätzlich eine Negativkontrolle (H₂O statt Sporensuspension von *Peronospora*) pro Sorte und eine Positivkontrolle (nur Infektion mit *Peronospora*, keine Blattextraktbehandlung) mitbehandelt (s. Anhang 2: Versuchsaufbau Topfpflanzen).

Anzucht von mit *Peronospora* inokulierten Pflanzen zur Sporangienenernte für weiterführende Gewächshausversuche

Am Standort Geilweilerhof wurde eine auf Müller-Thurgau basierende Topfpflanzensammlung zur Kultivierung von *Peronospora* etabliert. Die Pflanzen werden über die Vegetationsperiode bewusst feucht gehalten; regelmäßige Neuinfizierungen führen zu einem immer ausreichend hohen Bestand an *Peronospora*-Sporangien für weiterführende Versuche sowohl mit Hinblick auf Blattscheiben- als auch Gewächshauspflanzentests.

Wirksamkeitsprüfung von Pflanzenextrakten an Blattscheiben in Klimakammern

Auf Blattscheiben der Sorten Müller-Thurgau, Riesling, Weißburgunder, Spätburgunder, Regent und Calandro wurden Extrakte der ausgewählten Hybride/*V.-Arten* appliziert. Nach 24-stündiger Inkubation der Extrakte in der Klimakammer bei 25° C Tagestemperatur und 20° C Nachttemperatur erfolgte die Inokulation mit *Peronospora*-Suspension, eingestellt auf ≈ 20.000 Sporen/ml. Diese wurde nach weiteren 24h mittels Filterpapier von den Blattscheiben entfernt. Die Bonitur erfolgte nach 8d Inkubation unter dem Binokular; die Auswertung folgt dem Verfahren wie beschrieben im OIV-Deskriptor Blattscheibentest, Code Nr. 452-1 (siehe www.oiv.int).

Wirksamkeitsprüfung von Pflanzenextrakten an Topfreben im Gewächshaus

Auf die Stecklinge der o.g. Sorten wurden im Jahr 2013 Blattextrakte widerstandsfähiger, resistenter Reben und *Vitis-Arten* appliziert (Bild 1). Der Applikation einer Sporangienkonzentration von ≈ 50.000 Sporangien/ml auf die Blattunterseite mittels Sprühflaschen folgte eine Dauerberegnung von 8h. Danach wurden die Pflanzen über Nacht in Folie verpackt, um den Infektionsdruck zu erhöhen (Bild 2).



Bild 1 Größe der Reben bei Extraktapplikation

Bild 2 Inkubation nach Infektion mit *Plasmopara viticola*

Die Bonitur der Befallsschwere und der Befallshäufigkeit erfolgte 8 Tage nach aufgebrachter Infektion. Bei der Befallsschwere wurde der prozentuale Befall der Blattfläche bonitiert, bei der Befallshäufigkeit die Anzahl der befallenen Blätter (Für die Blattbonitur folgte die angewandte Methode den EPPO-Richtlinien; siehe <http://www.eppo.org/>).

3.2 Analysen flüchtiger und nicht-flüchtiger Inhaltsstoffe

Die Methoden zur Analyse flüchtiger und nicht-flüchtiger Inhaltsstoffe mittels Headspace-SPME-GC-MS bzw. HPLC-MS wurden bereits ausführlich im zweiten Zwischenbericht erläutert und publiziert [6].

3.3 Freilandversuche

Da eine valide Bestimmung des Kupfer-Reduktionspotentials an PIWI-Sorten im Vergleich zu traditionellen Sorten nur auf Basis mehrjähriger Freilanduntersuchungen erfolgen kann, blieb die Parzelle 24 am Standort Geilweilerhof weiterhin Standort der Versuche (s. Anhang 1).

Über die Projektlaufzeit wurden vier Sorten in die Versuche aufgenommen. Dies waren die roten PIWI-Sorten Regent und Calandro, die traditionelle rote Sorte Spätburgunder sowie die traditionelle weiße Sorte Weißburgunder. Für eine vergleichbare Beurteilung möglicher Reduktionseffekte war es von großem Vorteil, die genannten Sorten innerhalb einer einzelnen Anlage nebeneinander verfügbar zu haben. Die Anlage war 2003 gepflanzt worden; der Pflanzplan nebst Anordnung der Varianten ist im Anhang 1, „Pflanzplan“, dargestellt.

Für die Sorten Regent, Spätburgunder und Weißburgunder wurden je 16 Reihen, für die Sorte Calandro 12 Reihen genutzt. Für Regent entspricht dies einer Gesamtstockzahl von 910, für Calandro einer Gesamtstockzahl von 864, für Spät- und Weißburgunder einer jeweiligen Gesamtstockzahl von 1152.

Insgesamt wurde der bewährte Versuchsaufbau aus der Saison 2012 auch für 2013 beibehalten. D.h., ausgehend von einer wöchentlichen Behandlung („Variante maximal“; Start am 28.5, Ende am 21.8.2013) wurden gestaffelte Reduzierungen in drei (Calandro) bzw. jeweils vier (Regent, Spät- und Weißburgunder) Wiederholungen vorgenommen. Mit Hinblick auf die Erfordernisse der Praxis waren bereits 2012 zusätzliche Varianten wie „um die Blüte“, „Ökowarndienst“ sowie „VitiMeteo“ in die Versuche aufgenommen worden, die sich bedingt durch die jahresspezifische Phänologie der Reben z.T. kaum von den gestaffelten Versuchen unterschieden (Tab. 3). Bedingt durch die Anzahl der Versuchsvarianten - acht - stand für jede Wiederholung eine halbe Reihe zur Verfügung, die Verteilung der Wiederholungen innerhalb der Anlage ist randomisiert (s. Anhang 1: Pflanzplan).

Der jahreszeitliche Auftakt der Spritzungen erfolgte in Abstimmung mit den witterungsbedingten Gegebenheiten im Jahr 2013 auf der Grundlage der Arbeitshinweise „Info Ökologischer Weinbau“ „Nutzung von Resistenzmechanismen verschiedener Rebarten als Alternative zum Einsatz von Kupfer im Ökoweinbau“ – Abschlussbericht des JKI, Januar 2011 – Dezember 2013

(www.dlr.rlp.de). Das Ende der Spritzungen war bestimmt vom Vegetationsverlauf und der damit verbundenen Wartezeit bis zum mutmaßlichen Erntetermin.



Bild 3 Versuchsfläche Kupfer-Reduzierung am Standort Geilweilerhof. Im Vordergrund der Bereich Regent; nach hinten (Westen) schließen sich die Sorten Calandro, Spätburgunder und Weißburgunder an. Undeutlich erkennbar sind die Farbtafeln, die die unterschiedlichen Versuchsvarianten kennzeichnen (Aufnahme vom 23.8.2012)

Für alle genannten Sorten wurde der folgende Spritzplan (Tab. 3) umgesetzt. Die Farbgebung der Varianten entspricht der Kodierung im Pflanzplan.

Für alle Spritzungen wurde ein Tunnelspritzgerät der Marke Lipco® benutzt; Fahrzeug war ein Deutz, die Fahrgeschwindigkeit betrug 5 km/h. Zur Kupferausbringung wurde für alle Freilandversuche das Mittel Funguran progress® (35% Reinkupfer) verwendet. Die Schwefelausbringung erfolgte in der Form von Netzschwefel.

Beginn der Spritzungen war der 28.5., Ende der Spritzungen der 21.8.2013; die Termine waren gegenüber 2012 demnach um zwei Wochen nach hinten versetzt.

Auch für das Versuchsjahr 2013 erfolgte die Minimierung des Kupfereinsatzes nicht auf der Basis reduzierter Mengen pro Einzelspritzung, sondern derart, dass in den reduzierten Varianten sowohl zu Beginn als auch zum Ende der Spritzperiode einzelne Spritzungen weggelassen wurden: wie in obiger Tabelle ersichtlich, waren dies die Spritzungen 1, 2, 12 und 13 in der Variante „2350“, die Spritzungen 1, 2, 10, 11, 12 und 13 in der Variante „1750“, sowie die Spritzungen 1, 2, 9, 10, 11, 12 und 13 in der Variante „1550“. Die sonstigen Aufwandmengen pro Spritzung waren für jede Variante gleich.

Die Variante „um die Blüte“ wurde in Anlehnung an die Phänologie der Reben umgesetzt, die bewusst praxisnah angelegten Varianten „Ökowarndienst“ (<http://www.dlr.rlp.de>) sowie „VitiMeteo“ (www.vitimeteo.de) orientierten sich an den jeweiligen Hinweisen im Internet.

Die als „2960“ bezeichnete Variante entspricht annähernd der gemäß Zulassung im Weinbau maximal zulässigen Aufwandmenge von 3 kg Reinkupfer pro Hektar und Jahr. Bedingt durch die kühle (im März z.B. eine Abweichung von -3.2 °C gegenüber dem langjährigen Mittel) Witterungsperiode in März und Mai (Abweichung - 1.9° C) wurde sehr spät, nämlich erst Ende Mai mit den Spritzungen begonnen – Primärinfektionen waren für den Standort zwar zum 7.5. zu erwarten gewesen, der weitere Witterungsverlauf verhinderte aber eine Etablierung von *Peronospora*. So ergab sich für die Maximalvariante eine Gesamtaufwandmenge von 2.96 kg Reinkupfer (= im wesentlichen entsprechend der Höchstmenge); für die Saison 2013 waren die Varianten „Ökowarndienst“ und „VitiMeteo“ gegenüber dieser Maximalvariante etwas reduziert, mit 2.8 kg (= 93% der Höchstmenge) bzw. 2.76 kg (= 92% der Höchstmenge). Die gestaffelten Kupferminimierungen reichten über Zwischenschritte bis hinunter zu einem Aufwand von 1.55 kg „Nutzung von Resistenzmechanismen verschiedener Rebarten als Alternative zum Einsatz von Kupfer im Ökoweinbau“ – Abschlussbericht des JKI, Januar 2011 – Dezember 2013

Reinkupfer (= etwa 50% der Höchstmenge). Die Variante „Um die Blüte“ kam mit nur 1.15 kg Kupfer (= 38% der Höchstmenge) aus. Bei der Minimalvariante wurde gar kein Kupfer ausgebracht (= 0%).

Tab. 3: Spritzplan zur Bestimmung des Kupfer-Reduktionspotentials an PIWI-Sorten im Vergleich zu traditionellen Sorten mit unterschiedlichen Aufwandmengen an Reinkupfer.

Spritzung Nr. (Datum)	Aufwandmenge Reinkupfer [g Cu/ha]								Sonstige Behand- lungen/ha ¹
	Variante „2960“	Variante „2350“	Variante „1750“	Variante „1550“	Variante „um die Blüte“	Variante „Ökowarn- dienst“	Variante „Viti Meteo“	Variante „0“	
1: 28.5.	100	/				100	100	/	3.6 kg Schwefel
2: 5.6.	150	/				150	150	/	3.6 kg Schwefel
3: 12.6.	200	200	200	200		200	200	/	4.6 kg Schwefel
4: 19.6.	250	250	250	250	250	250	250	/	4.8 kg Schwefel
5: 26.6.	300	300	300	300	300	300	300	/	kg Schwefel
6: 2.7.	300	300	300	300	300	300	300	/	4.8 kg Schwefel
7: 9.7.	300	300	300	300	300	300	300	/	2.4 kg Schwefel
8: 17.7.	200	200	200	200		200		/	3.2 kg Schwefel
9: 23.7.	200	200	200	/	/	200	200	/	2.8kg Schwefel
10: 31.7.	350	350		/	/	350	350		3.2 kg Schwefel
11: 7.8.	250	250		/	/	250	250		
12: 14.8.	200	/	/	/	/	200	200		
13: 21.8.	160	/	/	/	/		160		
Summe Kupfer 2013 (g/ha)	2960	2350	1750	1550	1150	2800	2760	0	

¹ Sonstige Behandlung gegen den Echten Mehltau, *Uncinula necator*.

4. Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

Ein Vergleich der flüchtigen und nicht-flüchtigen Inhaltsstoffmuster von Rebblättern bei Reben-Genotypen unterschiedlicher Resistenz gegen *Plasmopara viticola* mittels Metabolite-Profilings führte zu folgenden Ergebnissen:

- die Inhaltsstoffprofile von Blättern bei Wild- und Amerikaner- sowie Europäerreben unterscheiden sich untereinander und variieren zudem in Abhängigkeit des Entwicklungsstadiums (BBCH); das BBCH hat den größten Einfluss auf das Metabolitmuster.
- zudem unterscheiden sich die Inhaltsstoffmustern in basalen, medialen, apikalen Blattpositionen des Rebstockes.

„Nutzung von Resistenzmechanismen verschiedener Rebarten als Alternative zum Einsatz von Kupfer im Ökoweinbau“ – Abschlussbericht des JKI, Januar 2011 – Dezember 2013

- bei der visuellen Bewertung der Widerstandsfähigkeit von den acht eingeschulten ‚Hybridsorten/Amerikanerreben‘ gegenüber Falschem Mehltau wurde festgestellt, dass diese unterschiedlich stark ausgeprägte Abwehrmechanismen gegenüber der Rebenperonospora entwickeln.
- aus diesen Untersuchungen/Beobachtungen wurde geschlussfolgert, dass bei der Herstellung von Blattextrakten das Entwicklungsstadium der Reben genau berücksichtigt werden muss, damit Elicitoren und/oder Resistenzmarker gegen *Plasmopara viticola*, - die nur zu bestimmten Zeiten in erhöhten Konzentrationen vorliegen – in ausreichender Konzentration in den Blattextrakten vorhanden sind.
- im Ergebnis der Verfügbarkeit ausreichenden Blattmaterials und hoher Widerstandsfähigkeit wurden Ripatella und weiße Isabella zur Herstellung von wässrigen und ethanolhaltigen Extrakten für Wirt-Parasit Gewächshausversuche ausgewählt.
- die in den Blattextrakten detektierten Inhaltsstoffe unterscheiden sich deutlich von den detektierten Metaboliten der Blatthomogenisate. Die Blatthomogenisate werden so hergestellt, dass das detektierte Metabolitmuster weitestgehend dem Muster intakter Blätter entspricht.
- Clusteranalyse und Kendall´s tau Rangkorrelation von wässrigen Blattextrakten zeigt eine Gruppierung, die den Resistenzeigenschaften der Reben entspricht (Cluster 1.1 aus Phoenix apikalen und basalen Blättern, Gruppe 1.2 Concord apikal, Gruppe 2.1 Concord basal und Rote Isabella apikal; Gruppe 2.2 Rote Isabella basal)
- Bei Wirksamkeitsversuchen mit ethanolhaltigen Blattextrakten (Ripatella, Weiße Isabella) auf abgetrennten Rebblättern war eine deutliche Stärkung der Blattgesundheit bei den Blättern der getesteten Rebsorten Regent, Phoenix und Rote Isabella nachweisbar. Während das Blattgewebe in den Kontrollvarianten durch *Plasmopara viticola* stark nekrotisiert wurde, waren die Blätter der Behandlungsvarianten nach 6 Tagen noch weitgehend intakt. Die bisher durchgeführten Gewächshausversuche zur Befallsschwere und –häufigkeit mit anfälligen Sorten (Müller-Thurgau, Riesling und Weißburgunder) an Topfreben mit *Plasmopara viticola* bestätigten tendenziell diese Beobachtung und führten zu einer sichtbaren Reduzierung der Befallshäufigkeit.
- Die Auswertung der Kupferreduktionsversuche ergab, dass unter verstärkter Einbeziehung praxisüblicher Prognosemodell sich mit dem Anbau pilzwiderstandsfähiger Sorten durch Streckung der Applikationsintervalle und Berücksichtigung der besonders anfälligen Entwicklungsstadien („um die Blüte“) der Rebe **deutliche Reduzierungen der Kupferreduzierungspotentiale** im Weinbau erschließen lassen. Bei günstigen Wetterlagen (z.B. 2012) wären bei den pilzresistenten Sorten Regent und Calandro gar keine Spritzungen nötig gewesen. Diese Aussage kann jedoch nicht verallgemeinert werden, da die diesjährige Wetterlage für Deutschland sehr untypisch war. Der Praktiker kann nicht grundsätzlich im Voraus auf Spritzungen verzichten, da die Wetterlage des Gesamtjahres naturgemäß erst zum Abschluss der Saison bewertet werden kann.
- Der Anbau von PIWI's ermöglicht einen weitgehenden Verzicht auf Pflanzenschutz und ist ökologisch und ökonomisch die nachhaltigste Form des Weinbaus überhaupt. Das Kupfereinsparungspotential durch den Anbau von PIWI's ist abhängig von der Resistenz der Sorte und von den klimatischen Bedingungen am Standort.
Das bei Anbau neuer *Vitis vinifera* Piwi-Sorten im Freiland minimal notwendige Maß an Pflanzenschutz wurde über drei Vegetationsperioden mit gestaffelten Spritzversuchen in diesem Projekt erstmals ermittelt. Daraus wurde ein durchschnittliches Einsparpotential an Kupfer bestimmt. Beruhend auf den Auswertungen der Jahre 2011 bis 2013 ergibt sich die folgende Rangfolge mit Hinblick auf eine Widerstandsfähigkeit gegenüber der Rebenperonospora: Calandro / Regent >>> Weißburgunder >>> Spätburgunder.
- Aus den Daten der befragten Betriebe geht hervor, dass über den Anbau von pilzwiderstandsfähigen Rebsorten gezielt Kupfer eingespart werden kann. Dieses Reduzierungspotential variiert jedoch stark beim Vergleich der Betriebe – Anbaugebiet, klimatische Voraussetzungen und betriebliche Abläufe beeinflussen die für den Pflanzenschutz notwendige Kupfermenge deutlich. Fest steht jedoch, dass die meisten Betriebe über den Anbau von pilzwiderstandsfähigen Rebsorten erhebliche Mengen an Kupfer einsparen können – je mehr PIWIs diese im Anbau haben, desto mehr Kupfer und auch Kosten können eingespart werden.
- Wenn auch pilzwiderstandsfähige Rebsorten nicht ganz ohne den Einsatz von Kupfer als Pflanzenschutzmittel auskommen, so ist dennoch über den Anbau ausgewählter PIWI-Sorten ein erhebliches Einsparpotential möglich. Die Ergebnisse der mehrjährigen Befragung ausgewählter Betriebe zeigen deutlich, dass im Schnitt mehr als 50 % der für Nicht-PIWI-Sorten aufgewendeten Kupfermenge bei den PIWI-„Nutzung von Resistenzmechanismen verschiedener Rebarten als Alternative zum Einsatz von Kupfer im Ökoweinbau“ – Abschlussbericht des JKI, Januar 2011 – Dezember 2013

Sorten eingespart werden kann. Drei der befragten 8 Betriebe konnten beim Anbau von pilzwiderstandsfähigen Rebsorten den Kupferaufwand in den Jahren 2010 bis 2013 sogar um 80-90 % reduzieren.

- Ein weiterer positiver Aspekt, welcher sich durch den Anbau von pilzwiderstandsfähigen Rebsorten zeigt, ist eine erheblich reduzierte Anzahl an Pflanzenschutzmittelapplikationen. Somit kann über den Anbau von PIWI-Sorten nicht nur Treibstoff, Maschinen- und Arbeitseinsatz und auch Pflanzenschutzmittel eingespart werden, sondern ebenfalls ein Beitrag zur Bodengesundheit erfolgen. Neben sinnvollen Gerätekombinationen beim maschinellen Einsatz im Weinberg bietet sich über den Anbau von PIWIs eine weitere Möglichkeit, das Bodenleben im Weinberg zu schonen und negativen Auswirkungen wie z. B. Bodenverdichtungen und Erosionen entgegen zu wirken.

- Die in der Summe erfassten Betriebe repräsentieren eine weinbauliche Fläche von 1639,53 ha, was etwa 33 % der aktuell zertifizierten Bioweinbaufläche Deutschlands (Basis: 5.000 ha zertifizierter Bioweinbau in Deutschland) entspricht.

5. Diskussion der Ergebnisse

In aufwendigen gaschromatographischen Voruntersuchungen konnten viele flüchtige Inhaltsstoffe in Reblättern identifiziert werden. Obwohl ein Beprobungstermin immer nur ein kleines Zeitfenster innerhalb der Jahresentwicklung der Reben abbildet und die Inhaltsstoff-Verteilungsmuster vegetationsabhängig qualitativ und quantitativ schwanken, konnten bereits stoffliche Unterschiede in den Verteilungsmustern der Blattinhaltsstoffe zwischen Europäer- und Amerikanerreben nachgewiesen werden.

Auf Basis zweijähriger Bonituren der Befallsstärke mit Falschem Mehltau und Echtem Mehltau (*Oidium*) – Qualität und Ertrag des Erntegutes standen im Rahmen dieses Vorhabens nicht zur Bewertung an – wurden die widerstandsfähigsten Amerikanerreben bzw. Hybride selektiert und für die Extrakterstellung verwendet.

Inhaltsstoffe in den Extrakten 2013

In den Extrakten konnten insgesamt 101 verschiedene Inhaltsstoffe detektiert werden, wobei in den einzelnen Entwicklungsstadien BBCH 6, 7, 8 und 9 jeweils nur zwischen 15 und 53 Inhaltsstoffe auftraten.

Neun dieser Substanzen sind Ethylester, die vermutlich durch Veresterung bei der Extrakterstellung gebildet wurden. Das Auftreten von Ethylestern in ethanolhaltigen Extrakten wurde bereits im 2. Zwischenbericht beschrieben. Zusätzlich zu den damals detektierten Ethylestern Hexansäureethylester (ID269), Octansäureethylester (ID273), Nonansäureethylester (ID276), Decansäureethylester (ID278), Dodecansäureethylester (ID280) und Hexadecansäureethylester (ID282), treten vier weitere Verbindungen auf: Heptansäureethylester (ID272), Tetradecansäureethylester (ID545), (*Z,Z,Z*)-9,12,15-Octadecatriensäureethylester (ID550) und Essigsäureethylester (ID521). Von den entsprechenden Carbonsäuren wurden 5 in den von uns analysierten Blatthomogenisaten detektiert (Kettenlänge C8, C9, C12, C16). Die übrigen Carbonsäuren wurden zwar als Rebenmetabolite in der Literatur beschrieben [7-9], fehlen jedoch in unseren Analysen. Eventuell lagen die Konzentrationen dieser Metabolite in den nicht ethanolhaltigen Extrakten unterhalb der von uns verwendeten Detektionsschwelle. Tab. 6 zeigt die vollständige Liste aller detektierten Substanzen in den ethanolhaltigen Extrakten und ihr Vorkommen in den Entwicklungsstadien.

Eine hierarchische Clusteranalyse nach Kendall Tau gibt die Ähnlichkeiten der Proben und Inhaltsstoffe wieder. Eine grafische Darstellung der Ergebnisse findet sich in Abb. 1. Durch diese statistische Methode werden 5 Cluster gebildet, wobei die Cluster 1 und 2 zu einem gemeinsamen Verbund gehören. Gleiches gilt für die Cluster 3 - 5.

Cluster 1 umfasst alle Proben der Siebeldinger Extrakte BBCH 6 und Cluster 2 fasst die Gemeinsamkeiten der Berliner Extrakte BBCH 6 zusammen. Alle Phoenixproben der Entwicklungsstadien BBCH 7 – 9 werden durch Cluster 5 beschrieben. Cluster 3 umfasst die Proben der Weißen Isabella und Ripatella mit den BBCH 7 – 8, wobei dieser Cluster in zwei Untergruppen zerfällt, die jeweils das Entwicklungsstadium BBCH 7 bzw. BBCH 8 beschreiben. In Cluster 4 werden die Extrakte von Weißer Isabella und Ripatella im BBCH 9 gebündelt.

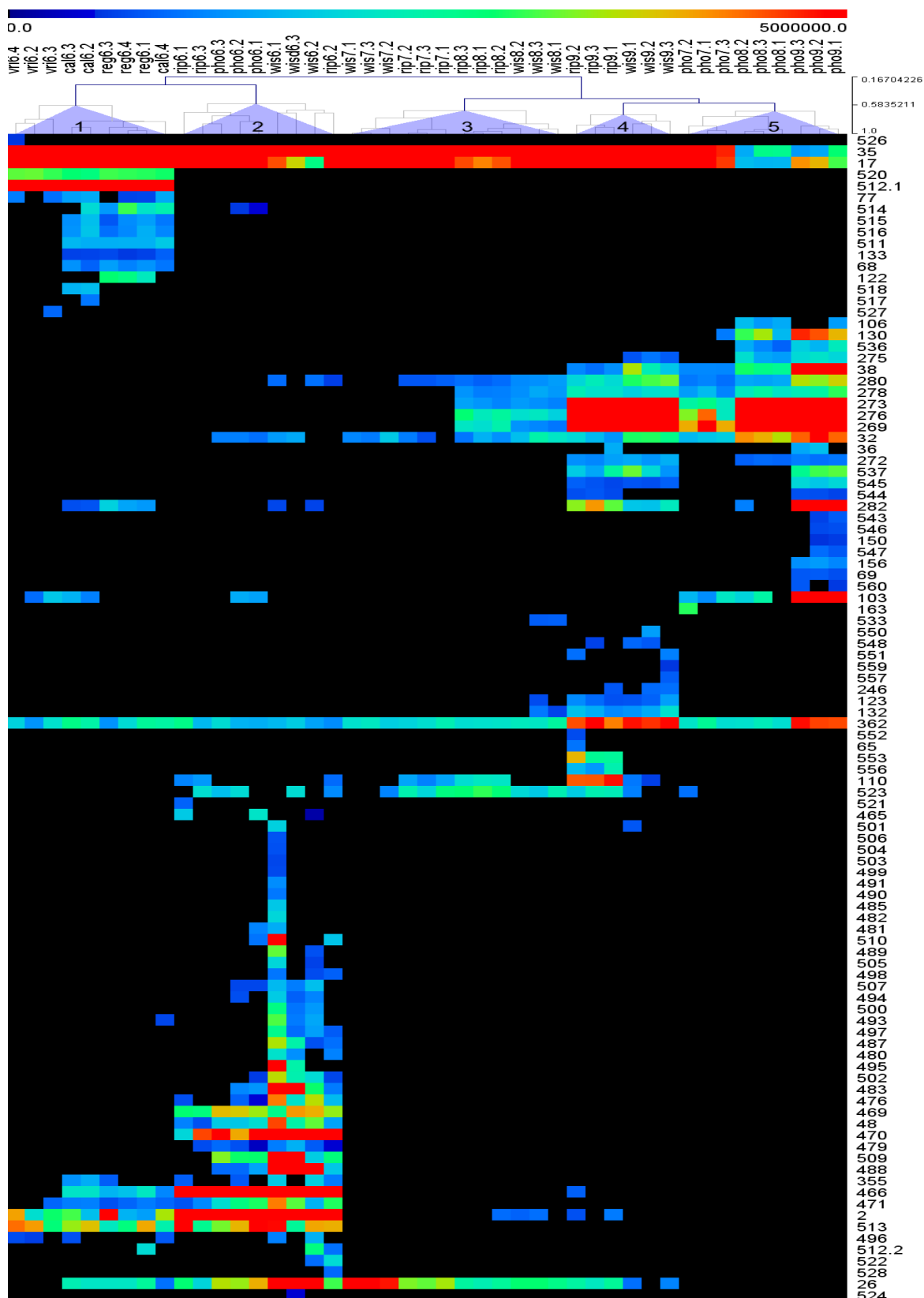


Abb. 1: Hierarchische Clusterung der Extrakte und ihrer Inhaltsstoffe nach Kendall Tau ergibt Cluster 1-5. Probenbezeichnung (horizontal) setzt sich zusammen aus Probenkürzel, BBCH und Anzahl der technischen Wiederholung. Probenkürzel: Phoenix = pho, Regent = reg, Calandro = cal, Weiße Isabella = wis, Akzession 76-50-1 = vri, Ripatella = rip. pho9.2 ist daher die 2. technische Wiederholung des Phoenixextraktes mit BBCH 9. Substanzidentifikationsnummer (vertikal) s.Tab. 6.

Die Inhaltsstoffmuster der Extrakte des Entwicklungsstadium BBCH 6 unterscheiden sich in Abhängigkeit des Anbaustandorts deutlich voneinander. In den Siebeldinger Extrakten werden 27 Substanzen und in den Berliner Extrakten 53 Substanzen detektiert. 14 gemeinsame Inhaltsstoffe werden in den Extrakten beider Standorte detektiert. Der starke Einfluss des Rebenstandorts erschwert eine gemeinsame Bewertung der Extrakte bezüglich der Resistenzeigenschaften der Genotypen.

Die Abhängigkeit von Inhaltsstoffmustern vom Entwicklungsstadium der Pflanzen ist in den vorangegangenen Berichten bereits ausführlich diskutiert worden und wird durch die hierarchische Clusteranalyse auch für die Inhaltsstoffmuster von ethanolhaltigen Extrakten bestätigt.

Korrelation der Inhaltsstoffe mit Resistenzeigenschaften

Die Inhaltsstoffe der Extrakte wurden mit den Resistenzeigenschaften der Rebengenotypen korreliert. Dazu wurde eine Spearman-Rangkorrelation im Statistikprogramm SAS (Proc Corr Spearman) verwendet. Die Extrakte wurden nach Entwicklungsstadien der Pflanzen getrennt untersucht. Wegen der stark unterschiedlichen Inhaltsstoffmuster der Siebeldinger und Berliner Extrakte erfolgte auch eine nach Standorten getrennte Datenanalyse.

Für die Analyse wurden die detektierten Peakflächen der Inhaltsstoffe gegen die Resistenzboniturnoten aus dem Blattscheibentest (Tab. 1) korreliert. Alle Substanzen, die signifikant mit der Resistenz korrelierten (Korrelationskoeffizient $p \geq 0,70$) wurden als mögliche Resistenzmarker eingestuft.

In den Siebeldinger Extrakten des BBCH 6 korrelierte keine Substanz mit $p \geq 0,70$ gegen die Resistenz.

In Tab. 4 sind alle Resistenzmarkerkandidaten aufgelistet. Die Anzahl der ermittelten Resistenzmarkerkandidaten steigt mit zunehmendem Entwicklungsstadium. Dieser Anstieg ist unabhängig von der Gesamtanzahl an detektierten Inhaltsstoffen in den Extrakten. [Gesamtanzahl der detektierten Peaks 53 (BBCH 6); 27 (BBCH 7), 15 (BBCH 8), 45 (BBCH 9)].

Sechs der zehn Resistenzmarker sind in der Literatur bereits in Zusammenhang mit Resistenzeigenschaften beschrieben worden. Salicylsäuremethylester und die flüchtigen Metabolite grüner Blätter (green leaf volatiles = GLV) (*Z*)-3-Hexenylacetat, (*E*)-2-Hexenal, (*Z*)-3-Hexenol sind in Pflanzen sehr häufig auftretende Metabolite, die bei Verletzungen oder mikrobiellen Angriffen gebildet werden [10-11]. Farnesol hat auf den Echten Mehltau *Botrytis cinerea* eine Wachstumshemmende Wirkung [12] und β -Farnesen wirkt abschreckend auf Blattläuse [13]. Die vorläufige Identifizierung der Substanzen basiert auf einem Datenbankvergleich der Massenspektren. Die Massenspektren der beiden Tautomere α -Farnesen und β -Farnesen sind sich so ähnlich, dass eine eindeutige Identifizierung der Substanz ID556 über den Datenbankabgleich nicht möglich ist. ID556 könnte daher auch β -Farnesen sein. Eine Koelution mit authentischen Referenzen wird derzeit für verfügbare Substanzen ausgeführt, u.a. für α -Farnesen und β -Farnesen.

Für die drei übrigen vorläufig identifizierten Substanzen Longifolen, Heptansäureethylester und (*E*)-Geranylaceton wurden nach unserem Kenntnisstand noch keine Zusammenhänge mit pflanzlichen Resistenzmechanismen berichtet. Diese drei Substanzen korrelieren mit der Peronosporaresistenz nur im BBCH 9, obwohl sie zumindest teilweise auch im BBCH 8 detektiert wurden.

Die Wirkung der zehn Kandidaten auf Peronospora muss noch untersucht werden.

Tab. 4: Resistenzmarkerkandidaten in ethanolhaltigen Extrakten mit entsprechenden Spearman-Rangkoeffizienten (ρ). Die Extrakte der vier Entwicklungsstadien BBCH 7-9 wurden getrennt analysiert. Siebeldinger Extrakte sind nicht aufgeführt, da keine Rangkoeffizienten $\geq 0,70$ auftraten.

ID	Substanz	$\rho^{\text{BBCH 6}}$	$\rho^{\text{BBCH 7}}$	$\rho^{\text{BBCH 8}}$	$\rho^{\text{BBCH 9}}$
553	Longifolen				0,77
556	α -Farnesen				0,77
272	Heptansäureethylester				0,80
523	u12.36		0,77	0,93	0,81
123	(<i>E</i>)-Geranylaceton				0,82
132	Farnesol				0,82
26	(<i>Z</i>)-3-Hexenylacetat		0,73	0,73	0,87
110	Salicylsäuremethylester	0,85	0,77	0,77	0,87
17	(<i>E</i>)-2-Hexenal		0,76	0,78	0,98
35	(<i>Z</i>)-3-Hexenol		0,89	0,98	0,98

Vergleich ethanolhaltiger Extrakte 2012 und 2013

Die Inhaltsstoffmuster der ethanolhaltigen Extrakte mit BBCH 9 aus den Jahren 2012 und 2013 wurden miteinander verglichen, um festzustellen, ob sich die zehn Resistenzmarkerkandidaten in den Extrakten beider Jahre wiederfinden lassen. In 2012 wurden ethanolhaltige Extrakte aus den beiden stark resistenten Sorten Ripatella und Weiße Isabella hergestellt. Für die statistische Ermittlung von Resistenzmarkern ist ein Vergleich mit anfälligen Sorten unabdingbar. Daher konnte bisher in diesen Extrakten keine Resistenzmarker ermittelt werden.

Die Inhaltsstoffmuster beider Jahre unterscheiden sich deutlich voneinander. Von den 29 detektierten Substanzen in 2012 werden 12 Inhaltsstoffe nicht im folgenden Jahr detektiert. Ebenso werden 16 der 34 Substanzen, die 2013 in den Extrakten von Ripatella und Weiße Isabella nachgewiesen wurden, nicht in den Extrakten aus 2012 detektiert. Auch die Resistenzmarkerkandidaten Longifolen (ID553), α -Farnesen (ID556), Farnesol (ID132) und u12.36 (ID523) wurden 2012 nicht detektiert. Die übrigen sechs Kandidaten inklusive der GLV und Salicylsäuremethylester wurden jedoch auch in den Extrakten 2012 detektiert. Diese Substanzen sind bereits bekannt für ihre Beteiligung an verschiedenen Abwehrmechanismen von Pflanzen (s.o.). Da sie in zwei aufeinanderfolgenden Jahren in den Extrakten detektiert wurden, unterstützt dies die Hinweise auf einen Zusammenhang mit Peronosporaresistenz. Wie bereits erwähnt, muss dies jedoch noch in weiteren Analysen aufgeklärt und bestätigt werden.

Zu welchen Anteilen die Extraktmethode bzw. das Beprobungsjahr an der Änderung des Inhaltsstoffmusters beteiligt sind, kann nicht abschließend ermittelt werden, da die Extrakte nach zwei unterschiedlichen Methoden hergestellt wurden (Zugabe von Ethanol während der Extraktion in 2012 bzw. nach der Extraktion in 2013).

Vergleich der Resistenzmarker aus den Homogenisaten BBCH 6 in 2011 und 2012

Als Arbeitshypothese wird davon ausgegangen, dass die Herstellung von enzyminhibierten Blatthomogenisaten ein „authentischeres“ Inhaltsstoffmuster ergibt als es mit der Herstellung ethanolhaltiger Extrakte möglich ist. Aus den Blättern der Rebengenotypen wurden im ersten und zweiten Projektjahr enzyminhibierte Homogenisate hergestellt und die Blattmetabolite analysiert. Blattextrakte wurden im zweiten und dritten Projektjahr hergestellt, ihre Inhaltsstoffe analysiert und ihre Bioaktivität überprüft. Im zweiten Projektjahr (2012) wurden sowohl Blatthomogenisate als auch Blattextrakte einer Inhaltsstoffanalyse unterzogen.

Im zweiten Zwischenbericht wurde auf den Einfluss des Entwicklungsstadiums (BBCH Code) der Pflanzen eingegangen. Am Beispiel der Blatthomogenisate von Pflanzen während der Blütezeit (BBCH 6) wird der Einfluss beschrieben, den das Beprobungsjahr auf das Metabolitmuster hat. Es werden die Metabolitmuster der Blatthomogenisate aus Berlin 2011 und Siebeldingen aus 2011 und 2012 verglichen.

In den Blatthomogenisaten Berlin 2011 (B-2011) wurden insgesamt 147 Metabolite detektiert. In den Siebeldinger Homogenisaten 2011 (S-2011) wurden 145 Metabolite und 2012 (S-2012) wurden 158 Metabolite festgestellt. Die grafische Darstellung der hierarchischen Clusteranalyse nach Kendall Tau (Abb. 2) zeigt drei große Cluster auf, die genau den Gruppen B-2011, S-2011 und S-2012 entsprechen. Obwohl die Anzahl der detektierten Metabolite sich in den Gruppen weitgehend entsprechen, treten sehr unterschiedliche Substanzen auf. Der Standort einer Rebe hat auch auf das Inhaltsstoffmuster der enzyminhibierten Homogenisate einen deutlichen Einfluss. Cluster S-2011 und S-2012 werden in Abb. 2 zu einem gemeinsamen Cluster zusammengefasst, da sich der Cluster B-2011 von ihnen deutlich unterscheidet. Der Einfluss des Standorts wurde bereits für die Extraktanalysen diskutiert.

Zur Ermittlung von Resistenzmarkerkandidaten wurden die Metabolite gegen die Bonitur korreliert. Es wurde auch hier eine Spearman-Rangkorrelation durchgeführt, wobei die drei Cluster separat betrachtet wurden. Insgesamt konnten 3 Metabolite ermittelt werden, deren Korrelationskoeffizient $p \geq 0,70$ ergab. Allerdings korreliert ausschließlich Salicylsäuremethylester in allen drei Clustern mit der Resistenz. Die anderen beiden Kandidaten wurden in den Homogenisaten B-2011 und S-2012 nicht detektiert.

Tab. 5: Resistenzmarkerkandidaten in enzyminhibierten Homogenisaten mit entsprechenden Spearman-rangkoeffizienten $\rho \geq 0,70$. Die Homogenisate der drei Cluster B-2011, S-2011 und S-2012 wurden getrennt analysiert.

ID	Substanz	ρ^{B-2011}	ρ^{S-2011}	ρ^{S-2012}
63	Benzaldehyd		0,79	
86	u35.23		0,88	
110	Salicylsäuremethylester	0,74	0,87	0,84

Sowohl in enzyminhibierten Blatthomogenisaten als auch in ethanolhaltigen Extrakten konnten Resistenzmarkerkandidaten statistisch ermittelt werden. Die Anzahl der ermittelten Resistenzmarkerkandidaten in ethanolhaltigen Extrakten hängt vom Entwicklungsstadium der Pflanzen ab. Je höher das Entwicklungsstadium, umso mehr Kandidaten werden detektiert, wobei die Kandidaten der jüngeren Entwicklungsstadien stets wieder in den älteren Stadien auftreten. Da Salicylsäuremethylester als einziger Resistenzmarkerkandidat in Extrakten des BBCH 6 auftritt, ist dies die einzige Substanz, die in allen vier Entwicklungsstadien mit über 70 % mit der Resistenz korreliert.

Für das Entwicklungsstadium BBCH 6 ergibt sich Salicylsäuremethylester als Resistenzmarkerkandidat sowohl für die Extrakt- als auch für die Homogenisatanalysen. Obwohl in den ethanolhaltigen Extrakten wesentlich weniger Inhaltsstoffe als in den enzyminhibierten Homogenisaten detektiert werden konnten, wird Salicylsäuremethylester als übereinstimmender Resistenzmarkerkandidat gefunden.

Im zweiten Zwischenbericht wurde neben Salicylsäuremethylester auch (*E*)-Geranylaceton als Resistenzmarkerkandidat in enzyminhibierten Homogenisaten ermittelt. Wobei (*E*)-Geranylaceton hier bereits im Entwicklungsstadium BBCH 8 mit der Resistenz korrelierte, wohingegen in den ethanolhaltigen Extrakten diese Substanz erst mit BBCH 9 als Marker кандидат ermittelt wird. Für Homogenisate des Entwicklungsstadiums BBCH 9 konnten damals keine Aussagen zur Resistenzmarkerkandidaten gemacht werden, da die Blätter der beiden im Versuch anfälligsten Genotypen Regent und Phoenix zu stark befallen waren, um analysiert werden zu können und für die Korrelationsanalysen nur noch stark resistente Genotypen zur Verfügung gestanden hätten. Für eine Korrelationsanalyse ist jedoch das Vorhandensein von anfälligen Genotypen zwingend nötig.

Die Wiederfindung von Salicylsäuremethylester und (*E*)-Geranylaceton sowohl in den Extrakten als auch in den Homogenisaten deutet auf eine starke Beteiligung im Abwehrmechanismus von Reben hin.

Die Effektivität der Resistenzmarkerkandidaten bzw. der ethanolhaltigen Extrakten gegenüber *Peronospora* muss für weitere Aussagen überprüft werden.

Dies trifft besonders für den Resistenzmarkerkandidaten (*E*)-Geranylaceton zu, da diese Substanz bisher noch nicht im Zusammenhang von Abwehrmechanismen gegen Phytopathogene beschrieben wurde. Daher ist die Überprüfung von (*E*)-Geranylaceton auf eine eventuelle fungizide Wirkung gegenüber *Peronospora* unbedingt nötig. Wenn der Bioaktivitätstest die statistischen Aussagen bestätigt, ist ein neuer Resistenzmarker gefunden worden.

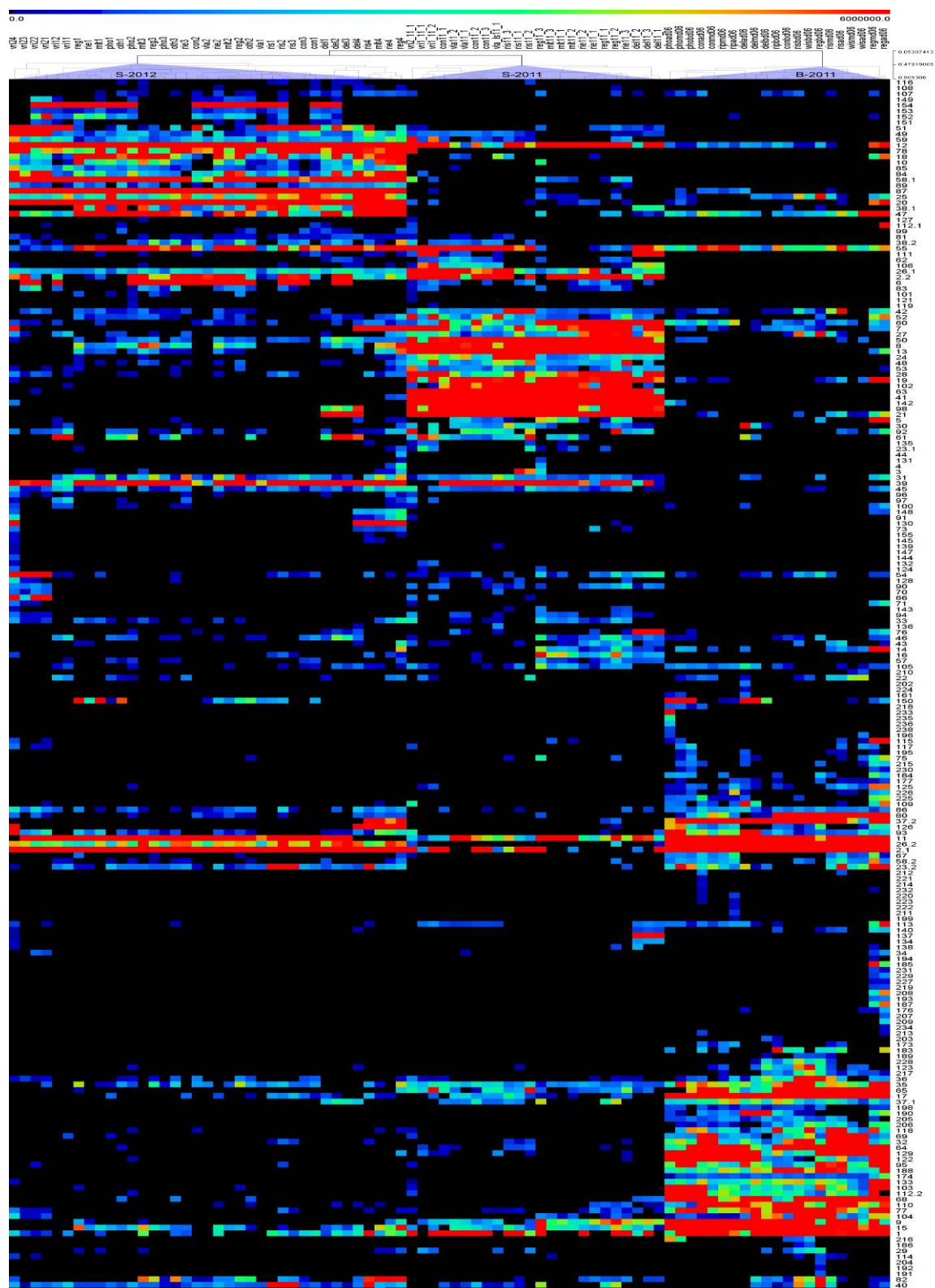


Abb. 2: Hierarchische Clusterung der enzyminhibierten Blatthomogenisate Berlin 2011 (B-2011), Siebelingen 2011 und 2012 (S-2011 und S-2012) mit BBCH 6 nach Kendall Tau ergibt 3 Cluster. Probenbezeichnung (horizontal) setzt sich zusammen aus Probenkürzel und der Anzahl der Wiederholung. Probenkürzel: Müller-Thurgau = mlt, Riesling = rie, Phoenix = pho, Regent = reg, Delaware = del, Othello = oth, Concord = con, Ripatella = rip, Rote Isabella = ris, Weiße Isabella = wis, Akzession 76-50-1 = vri1, Akzession 76-49-22 = vri2, *Vitis labrusca* = vla. Substanzidentifikationsnummer (vertikal) siehe Tab. 6.

Tab. 6: detektierte Inhaltstoffe der ethanolischen Extrakte. ID=interne Identifizierungsnummer; Substanzen sind vorläufig identifiziert; RI = Retentionsindex auf einer ZB-Wax Säule, Vorkommen der Substanzen in den unterschiedlichen Entwicklungsstadien (BBCH 6-9). Index B: Berlin; S: Siebelingen

ID	Substanz	CAS	RI	BBCH 6 ^B	BBCH 6 ^S	BBCH 7 ^B	BBCH 8 ^B	BBCH 9 ^B
514	2,4-Dimethyl-1-Hepten	19549-87-2	882	x	x			
521	Essigsäureethylester	141-78-6	896	x				
509	Decan	124-18-5	1000	x				
479	u9.06		1072	x				
480	u9.22		1076	x				
2	Hexanal	66-25-1	1090	x	x		x	x
515	u9.97		1096		x			
516	u10.08		1099		x			
481	u11.32		1126	x				
465	u12.21		1144	x				
482	u12.15		1144	x				
522	u12.23		1145	x				
523	u12.36		1148	x		x	x	x
543	3-Heptanon	106-35-4	1157					x
557	u13.07		1163					x
466	u13.67		1176	x	x			x
469	3-Methyl-3-Penten-2-on	565-62-8	1206	x				
483	u15.56		1218	x				
17	(E)-2-Hexenal	6728-26-3	1230	x	x	x	x	x
470	1-Dodecen	112-41-4	1231	x				
551	u16.22		1232					x
548	u16.36		1236					x
485	u16.52		1239	x				
269	Hexansäureethylester	123-66-0	1243			x	x	x
487	u17.08		1252	x				
471	Styrol	100-42-5	1262	x	x			
488	Hexylcyclohexan	4292-75-5	1281	x				
517	u19.64		1309		x			
518	u20.04		1318		x			
26	(Z)-3-Hexenylacetat	3681-71-8	1330	x	x	x	x	x
272	Heptansäureethylester	106-30-9	1342				x	x
511	2-Acetylcyclopentanon	1670-46-8	1354		x			
489	Germacren	645-10-3	1366	x				
32	1-Hexanol	111-27-3	1371	x		x	x	x
490	u22.78		1379	x				
491	u23.13		1387	x				
510	u23.57		1397	x				
35	(Z)-3-Hexenol	928-96-1	1400	x	x	x	x	x
36	Nonanal	124-19-6	1406					x
493	2,3-Dicyclohexylbutan	74663-71-1	1413	x	x			
552	u24.59		1421					x
494	u24.65		1422	x				
38	(E)-2-Hexenol	928-95-0	1425			x	x	x
512.1	m-di-tert-Butylbenzol A	1014-60-4	1435		x			
512.2	m-Di-tert-Butylbenzol B	1014-60-4	1435	x	x			
495	u25.24		1436	x				
273	Octansäureethylester	106-32-1	1446			x	x	x
496	u25.76		1448	x	x			
497	u26.03		1455	x				
498	(E)-2-Tetradecen	35953-53-8	1459	x				
499	u26.40		1463	x				
500	u26.50		1466	x				
48	(Z)-3-Buttersäurehexenylester	16491-36-4	1475	x				

„Nutzung von Resistenzmechanismen verschiedener Rebarten als Alternative zum Einsatz von Kupfer im Ökoweinbau“ – Abschlussbericht des JKI, Januar 2011 – Dezember 2013

524	u26.91		1476	x				
501	u27.05	1501-82-2	1479	x				x
536	Ylangen	14912-44-8	1490				x	x
537	Copaen	3856-25-5	1490					x
502	Octylcyclohexan	1795-15-9	1501	x				
503	u28.35		1510	x				
275	(-)- β -Bourbonen	5208-59-3	1525				x	x
246	2,4,5,6,7,7a-Hexahydro-3-(1-methylethyl)-7a-methyl-1H-2-Indenone B		1543					x
65	(E)- α -Ionon	127-41-3	1546					x
276	Nonansäureethylester	123-29-5	1548			x	x	x
504	u30.22		1556	x				
68	Linalool	78-70-6	1564		x			
69	1-Octanol	111-87-5	1577					x
553	Longifolen	475-20-7	1579					x
505	u31.93		1598	x				
77	β -Cyclocitral	432-25-7	1637		x			
476	Isopropylcycloundecan	62338-56-1	1646	x				
278	Decansäureethylester	110-38-3	1650			x	x	x
526	Methylbenzaldehyd Isomer	ortho: 529-20-4; meta: 620-23-5; para: 104-87-0	1662			x		
513	u34.78		1672	x	x			
506	Tetrahydrogeranylaceton	1604-34-8	1700	x				
527	u36.63		1720		x			
528	(1-Butylhexyl)-Benzol	4537-11-5	1752	x				
544	Naphthalen	91-20-3	1754					x
103	Dehydro-ar-Ionen (TDN)	30364-38-6	1760	x	x	x	x	x
556	α -Farnesen	502-61-4	1760					x
355	u38.35		1764	x	x			
106	δ -Cadinen	483-76-1	1772				x	x
110	Salicylsäuremethylester	119-36-8	1792	x		x	x	x
520	2,4-Dimethyl-Benzaldehyd	15764-16-6	1828		x			
533	u40.90		1838				x	
280	Dodecansäureethylester	106-33-2	1857	x		x	x	x
559	Methylnaphthalen Isomer	1-Methyl:90-12-0 2-Methyl:91-57-6	1866					x
122	Geraniol	106-24-1	1870		x			
123	(E)-Geranylaceton	3796-70-1	1875				x	x
130	α -Calacoren	21391-99-1	1941			x	x	x
132	Farnesol	4602-84-0	1949				x	x
133	(E)- β -Ionon	79-77-6	1963		x			
362	Benzothiazol (interner Standard)		1977	x	x	x	x	x
545	Tetradecansäureethylester	124-06-1	2063					x
560	u49.03		2080					x
507	u49.36		2091	x				
546	2,6-Diisopropylnaphthalen	24157-81-1	2181					x
150	Eugenol	97-53-0	2203					x
547	1-Acetyl-4,6,8-trimethylazulen	834-97-9	2256					x
156	Azulol (= Guaiazulen)	489-84-9	2258					x
282	Hexadecansäureethylester	628-97-7	2271	x	x		x	x
163	Hydroxyfurfural	67-47-0	2605			x		
550	(Z,Z,Z)-9,12,15-Octadecatriensäureethylester	1191-41-9	2630					x

Ermittlung der biologischen Wirksamkeit der Blattextrakte

Plasmopara viticola entwickelte sich auf den abgetrennten Blättern in den Plastikgefäßen sehr unterschiedlich. Blätter der Sorte Regent wiesen nicht nur einen höheren Ausgangsbefall (ca. 10-15%) auf sie bildeten offensichtlich auch mit Abstand die besseren Entwicklungsbedingungen für den Pilz. Innerhalb von 6 Tagen waren 60 bzw. 80 % der Blattfläche in der Kontrolle nekrotisiert. Blätter der Sorten Rote Isabella und Phönix wiesen am Versuchsende nur maximal 35 bzw. 50 % nekrotisches Blattgewebe auf. Die Behandlung mit ethanolhaltigen Extrakten aus Ripatella und Weißer Isabella führten zu signifikant gesünderen Blättern. (Abb. 3). De facto konnte sich der Pilz auf den mit Extrakt besprühten Blättern kaum weiter entwickeln. Gegenüber dem fast schon pergamentartigen Zustand der Blätter in den Kontrollen waren die Blätter der Behandlungsvarianten nach 6 Tagen noch weitgehend intakt (Bild 4).

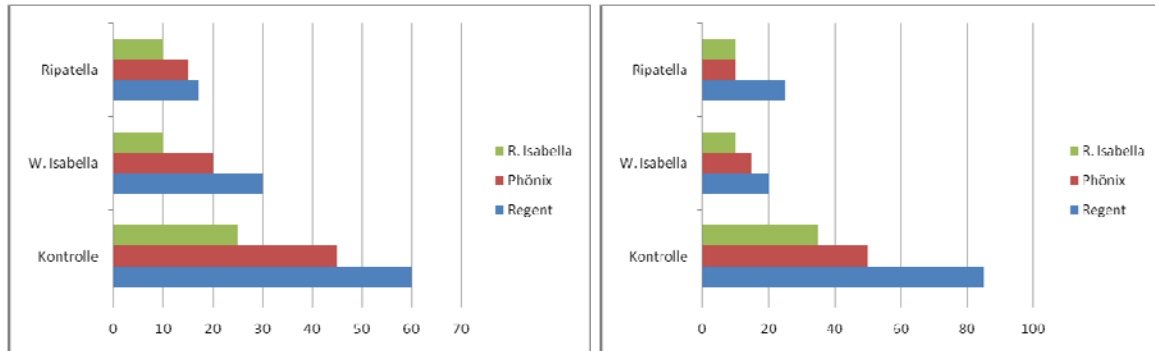


Abb. 3: Anteil nekrotischer Blattfläche (%) nach 6 Tagen Inkubation bei 18°C in Plastikschalen in 2 unabhängigen Versuchen. Abgetrennte Blätter mit Ausgangsbefall von 7-10% der Sorten Regent, Phönix und Rote Isabella aus 2 Probenahmen im Abstand von 5 Tagen. Die Behandlung erfolgte durch Sprühen tropfnass mit Wasser/Ethanolgemisch (Kontrolle), ethanolhaltige Extrakte aus Ripatella und Weißer Isabella (Herstellung in Dahlem); Versuch 1 (links) und Versuch 2 (rechts)

Insgesamt kann festgestellt werden, dass die Behandlung mit den ethanolhaltigen Extrakten zu einer deutlichen Stärkung der Blattgesundheit aller drei getesteten Rebsorten führt.












Bild 4: Habitus der Blätter der Sorten Regent und Phönix aus Versuch 2 nach 6 Tagen Inkubation in Plastikschränken; behandelt durch Sprühen tropfnass mit Wasser (Kontrolle) und ethanolhaltigen Blattextrakten aus Ripatella bzw. Weißer Isabella.

Wirksamkeitsprüfung von Pflanzenextrakten an Blattscheiben in Klimakammern bzw. im Gewächshaus

Zur besseren Übersicht sind die verwendeten Blattextrakte aus den verschiedenen Sorten/*V.-Arten* in den Abbildungen 4-6 wie folgt farblich gekennzeichnet:

Extrakte:		<i>Vitis riparia</i>
		Ripatella
		Weißer Isabella
		Regent
		Calandro
Kontrollen:		+ infiziert mit <i>Plasmopora</i>
		- nicht infiziert

Wirksamkeitsprüfung von Pflanzenextrakten an Blattscheiben in Klimakammern

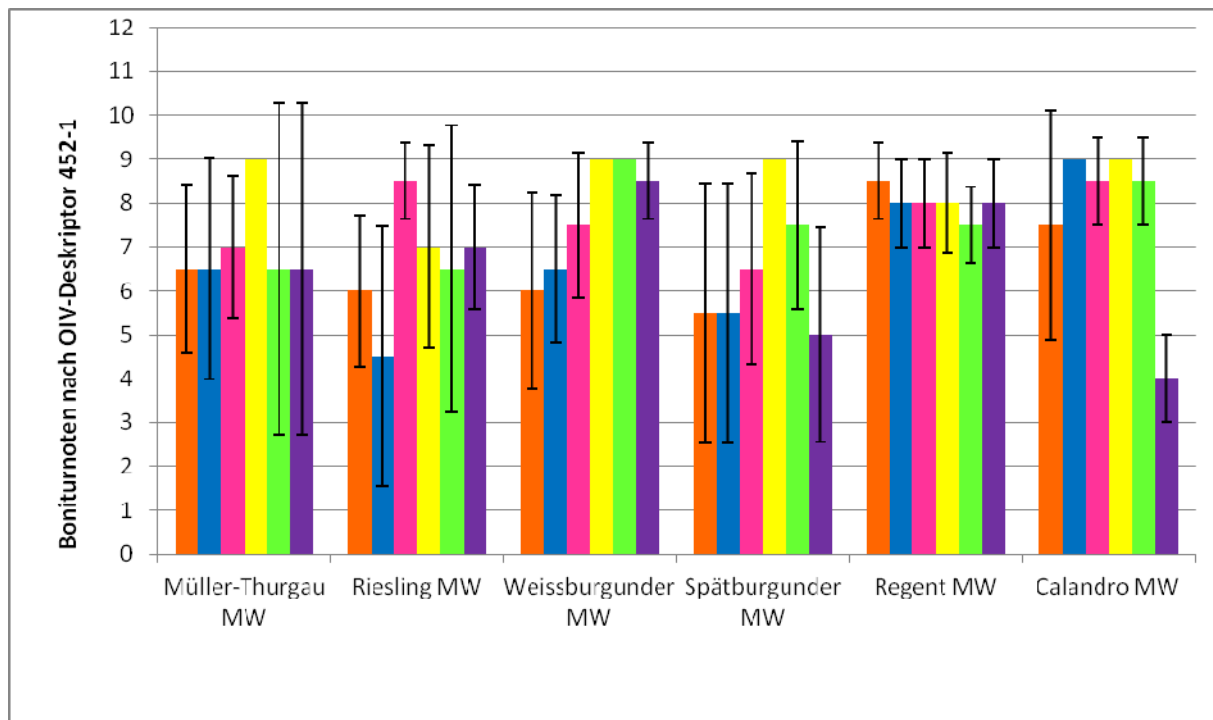


Abb. 4: Befallsbonitur der Blattscheiben 8 Tage nach erfolgter Infektion: Mittelwerte und Standardabweichung nach Applikation ausgewählter Extrakte von Rebsorten und *Vitis*-Arten (nach OIV-Deskriptor 452-1) auf Blätter von Müller-Thurgau, Riesling, Weißburgunder, Spätburgunder, Regent und Calandro. Die Negativkontrolle (H₂O statt Sporensuspension) zeigte keinen Befall und ist insofern hier nicht aufgeführt.

Im Blattscheibentest wurde der Grad der Resistenz (1 sehr gering; 3 gering; 5 mittel; 7 hoch; 9 sehr hoch) gegen *Plasmopara* bonitiert. Hier zeigte der Extrakt aus Regent im Blattscheibentest bei drei der anfälligen Sorten eine hohe bis sehr hohe Resistenz gegen *Peronospora* (Abb. 4).

Wirksamkeitsprüfung von Pflanzenextrakten an Topfreben im Gewächshaus: Befallsschwere

Aufgrund der sehr breit schwankenden Infektionen der Negativkontrollen lässt sich hier keine allgemeingültige Aussage treffen. Jedoch ist auffällig, dass der Extrakt der Wildart *V. riparia* bei den anfälligen Sorten - Müller-Thurgau, Riesling, Weiß- und Spätburgunder - durchwegs eine gute Wirkung zeigte. Bei den vorausgewählten Extrakten der Hybridreben zeigt Ripatella eine bessere Wirkung im Vergleich zu Weißer Isabella bei den ausgewählten anfälligen Modellsorten Riesling und Weißburgunder. Bei den PIWI Sorten Regent und Calandro, welche aufgrund ihrer züchterischen Resistenz weniger anfällig im Vergleich zu den klassischen Europäerreben sind, blieben alle Extrakte ohne Wirkung (Abb. 5). Um diese Aussagen ggf. unterstützen zu können, müssten noch weitere Applikationen z.B. zu den verschiedenen BBCH-Stadien, auch an Beeren, stattfinden.

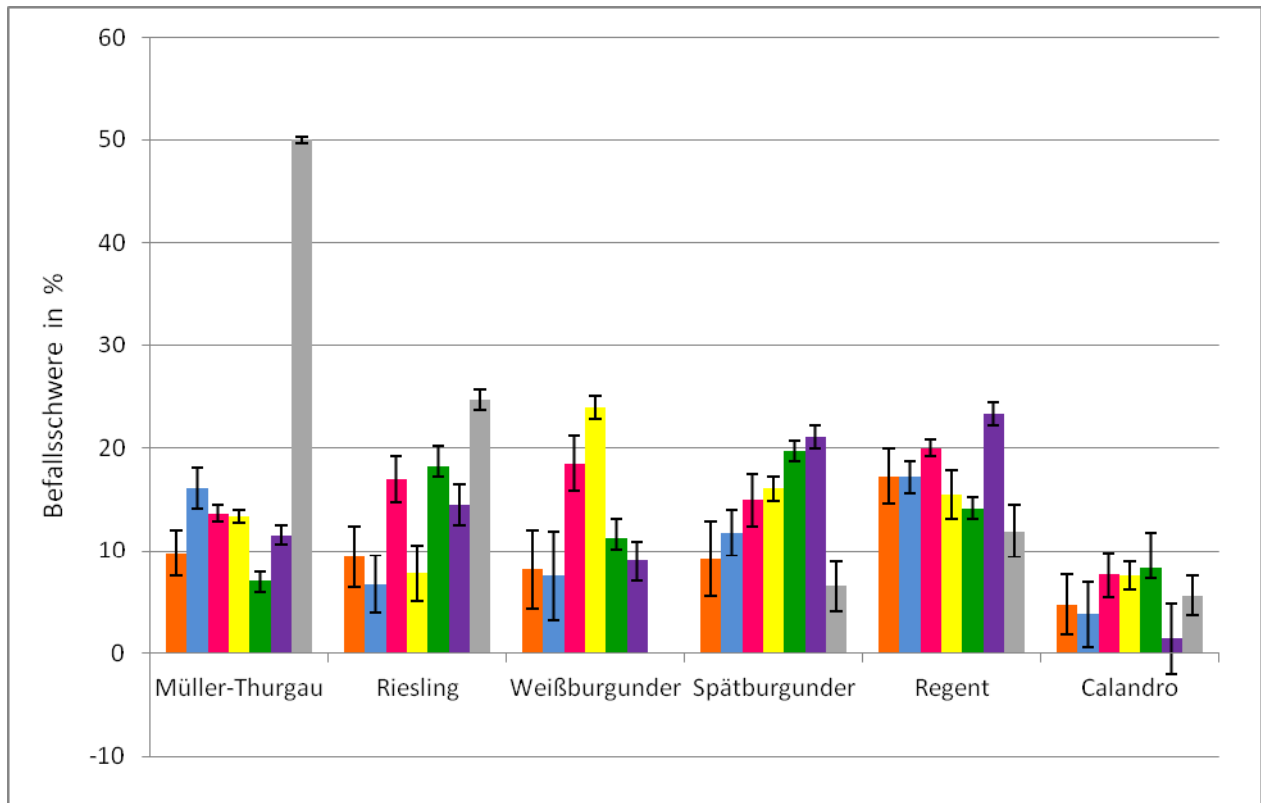


Abb. 5: Sortenspezifische Befallsschwere (%) nach Applikation der Blattextrakte, Ergebnis Mittelwerte incl. Standardabweichungen aus drei Wiederholungen. Die Bonitur der Befallsschwere erfolgte 8 Tage nach aufgebrachteter Infektion. Dabei wurde der prozentuale Befall der Blattoberfläche bestimmt (für die Blattbonitur folgte die angewandte Methode den EPPO-Richtlinien; siehe <http://www.eppo.org/>).

Wirksamkeitsprüfung von Pflanzenextrakten an Topfreben im Gewächshaus: Befallshäufigkeit

Die Befallshäufigkeit lag bei allen anfälligen Sorten trotz Extrakt-Applikation bei hohen Werten, zwischen etwa 40 und etwa 80%. Als mögliche Ausnahme zeigt der Extrakt von *Ripatella* bei den anfälligen Sorten Müller-Thurgau, Riesling und Weißburgunder eine gewisse Reduzierung der Befallshäufigkeit. Keinerlei Effekt war wiederum bei den Piwi-Sorten Regent und Calandro nachweisbar (Abb. 6).

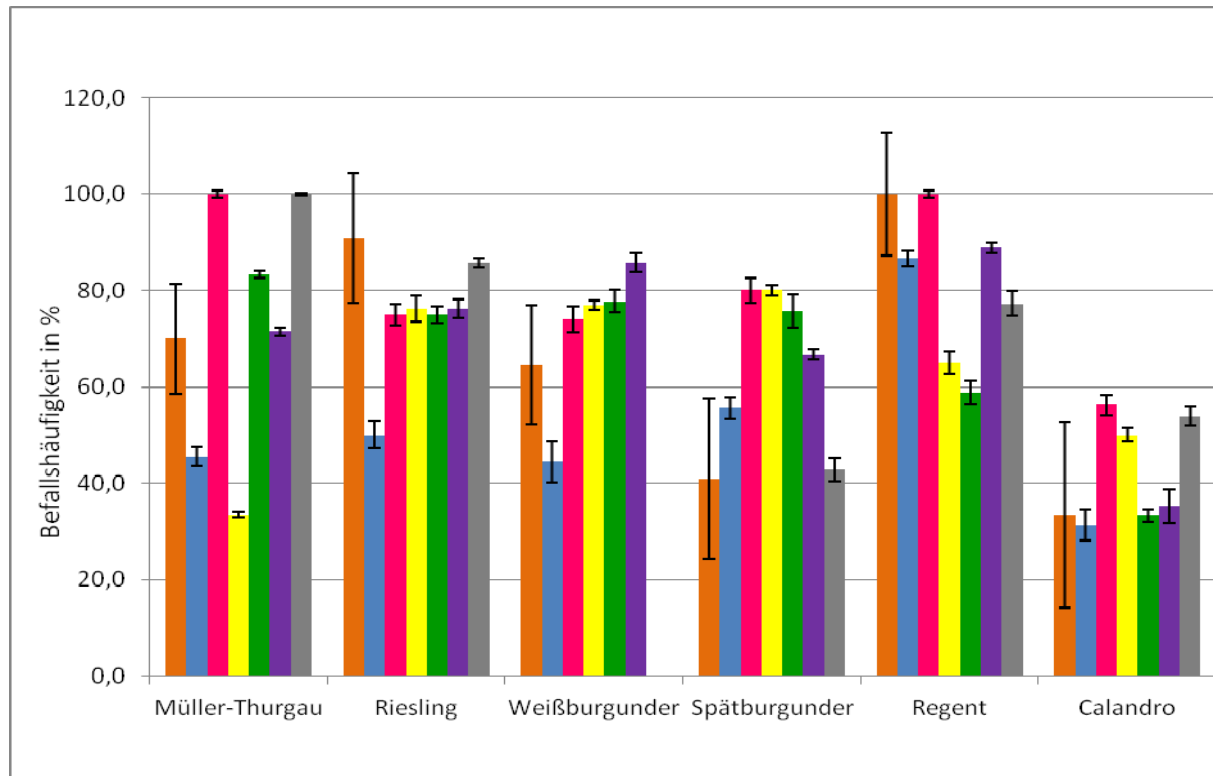


Abb. 6: Sortenspezifische Befallshäufigkeit (%) nach Applikation der Blattextrakte, Ergebnis Mittelwerte incl. Standardabweichungen aus drei Wiederholungen. Die Bonitur der Befallshäufigkeit erfolgte 8 Tage nach aufgebrachteter Infektion. Dabei wurde der Anteil der befallenen Blätter bestimmt (für die Blattbonitur folgte die angewandte Methode den EPPO-Richtlinien; siehe <http://www.eppo.org/>).

Ermittlung des Kupfer-Reduktionspotentials an neuen Piwi-Sorten

Der Anbau von PIWI's ermöglicht einen weitgehenden Verzicht auf Pflanzenschutz und ist ökologisch und ökonomisch die nachhaltigste Form des Weinbaus überhaupt. Das Kupfereinsparungspotential durch den Anbau von PIWI's ist vermutlich abhängig von der Resistenz der Sorte und von den klimatischen Bedingungen am Standort. Das für die jeweilige Sorte notwendige Maß an Pflanzenschutz soll in diesem Projekt erstmals ermittelt werden. Daraus lässt sich ein durchschnittliches Einsparpotential an Kupfer bestimmen.

Bestimmung des Kupfer-Reduktionspotentials an PIWI-Sorten im Vergleich zu traditionellen Sorten - Feldversuche

Für den Standort Geilweilerhof galten für das Jahr 2013 folgende Infektionsbedingungen (eingehende Prognosedaten finden sich unter „VitiMeteo Plasmopara“, Station 88; zum Jahresverlauf s. auch „Info Ökologischer Weinbau“, www.dlr.rlp.de):

Durch kühle Witterungsbedingungen v.a. im März und Mai wurde der Blühtermin in 2013 deutlich nach hinten verschoben. Trotz eines heißen Julis war dieser Rückstand im Weiteren nicht aufzuholen. Von einer Primärinfektion am Standort Geilweilerhof kann zum 7.5.2013 ausgegangen werden. Mittlere Infektionsbedingungen herrschten ab Ende Mai bis hinein in den Juni; hohe Infektionsgefahr war dann ab Anfang Juli gegeben, mit durchgehender Infektionsgefahr von Ende Juli bis Ende August. Die noch ab Mitte September auftretende hohe Infektionsgefahr hatte für unsere Untersuchungen keine praktische Bedeutung mehr. Zum Zeitpunkt der mittleren Infektionsgefahr Ende Mai betrug die Blattfläche annähernd 200 cm², das Entwicklungsstadium lag im Bereich „3 – 7 Blätter entfaltet“ (BBCH 13-17). Zum Zeitpunkt der hohen Infektionsgefahr ab Anfang Juli Mitte Juni betrug die Blattfläche etwa 1.800 cm², das Rebstadium hatte die „schrotkorngroßen Beeren“ (BBCH 68-73) erreicht.

Bedingt durch die Witterungsbedingungen war in unserer „mittleren“ Lage ein insgesamt verzetzelter Blühverlauf zu beobachten. Der Blühbeginn war demnach ab Mitte Juni (gegenüber dem langjährigen Mittel etwa um eine Woche verzögert) zu beobachten, die Blühdauer erstreckte sich bis Anfang Juli.

Der Erntezeitpunkt für die einzelnen Sorten war wie folgt: Calandro, 2.10.2013; Regent, 10.10.2013; Spät- und Weißburgunder: 18.10.2013.

Notfallzulassung zur Erhöhung der Kupfermenge (Zulassungsverfahren nach Art. 53 der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009): Das BVL hatte in einem Schreiben vom 19.7.2013 mitgeteilt, dass für das Jahr 2013 in Problemlagen die maximale Kupfermenge auf 4 kg Cu/ha erhöht werden dürfe; es kann also zumindest in einzelnen Weinbaubereichen von einer Ausnahmesituation „Rebenperonospora“ ausgegangen werden. Die am Standort Geilweilerhof auch für das Versuchsjahr 2013 aufgezeigten Reduktionsmöglichkeiten der Kupfer-Aufwandmengen sind wohl zu einem guten Teil auf die spezifischen Witterungsverhältnisse vor Ort und die damit verbundenen späten und insgesamt reduzierten Infektionsvoraussetzungen zurückzuführen. Die Befallssituation Blätter zum Boniturzeitpunkt 27.8. für die traditionellen Sorten Spät- und Weißburgunder zeigt insgesamt einen nur schwachen Infektionsdruck an; für das Jahr 2013 liegen also (ebenso wie für 2011) nur bedingt aussagekräftige Ergebnisse vor, die als Basis für weitere Untersuchungen sowohl zur Kupferminimierung als auch zur möglichen Rangfolge innerhalb der PIWI-Sorten dienen könnten.

Bestimmung der minimal notwendigen Zahl von Kupferapplikationen bei PIWI Rebsorten

Für alle Versuchsvarianten wurde die abschließende Befallsbonitur am 27.8.2013 vorgenommen (Bild 5 und **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Bereits im Vorfeld war deutlich geworden, dass eine Bonitur auf Beerensymptomatik zu keinen differenzierenden Befunden führen würde: Beerenbefall war in keiner Variante - auch deutlich später, zum Zeitpunkt 4.10.2013, nicht - feststellbar (s. Bild 7 bis Bild 10). Auf eine entsprechende Bonitur wurde deshalb verzichtet.

Für die Blattbonitur folgte die angewandte Methode dem folgenden Muster (leicht abgewandelt nach EPPO; siehe <http://www.eppo.org/>): Für jede einzelne Reihe, entsprechend einer Wiederholung, wurden insgesamt 100 Blätter aus der Mitte der Laubwandhöhe bonitiert. Auf diese Weise war sichergestellt, dass nur voll entwickelte Blätter in die Auswertung aufgenommen wurden. An jungen Blättern im oberen Laubwandbereich konnte bei entsprechenden Stichproben zuweilen deutlicher Befall festgestellt werden; dies steht aber in Zusammenhang mit dem zeitlichen Abstand zwischen dem Ende der Spritzperiode (21.8.) und der Bonitur (27.8.) und der dadurch gegebenen Möglichkeit der *Peronospora*-Infektion und -Etablierung.

Die Befallsschwere (BS) wurde durch eine Skalierung in 10%-Schritten ermittelt und steht in Abhängigkeit von der Größe der betroffenen Blattfläche: 0% stehen für keinen Befall, 10% für einen Befall > von 0% bis 10% der Blattfläche, etc. Die Befallshäufigkeit (BH) ergibt sich aus der Anzahl der betroffenen Blätter.



Bild 5: Calandro: Beeren aus der Variante „minimal“ (0 g Reinkupfer) bzw. „um die Blüte“ (1.150 g Reinkupfer) zum Zeitpunkt 27.8.2013. Anzeichen von Befall mit *Peronospora* sind nicht erkennbar.



Bild 6: Spätburgunder: Blätter aus den Varianten „minimal“ (0 g Reinkupfer, links) bzw. „1750“ (1.750 g Reinkupfer, rechts) zum Boniturdatum 27.8.2013. Anzeichen von Befall mit *Peronospora* sind z.T. bei der Variante „0“ erkennbar.

Für jede Wiederholung wurden BS und BH ermittelt; die gewonnenen Werte wurden für jede Sorte/Variante zusammengefasst und so der jeweilige Mittelwert sowie die Standardabweichung (SD) errechnet. In der folgenden Tab. 7 sind für jede Sorte bzw. Variante die Befallshäufigkeit (BH) sowie die Befallsschwere (BS) an den Blättern zum Zeitpunkt der Bonitur am 27.8.2013 zusammengefasst.

Tab. 7: Befallsschwere (BS) und Befallshäufigkeit (BH) in Prozent zum Zeitpunkt der Bonitur am 27.8.2013: errechneter Mittelwert und Standardabweichung (zur Anzahl der Wiederholungen je Sorte/Variante s. Anhang „Pflanzplan“)

Sorte	Varianten Kupfereinsatz							
	„0“	„2960“	„2350“	„1750“	„1550“	„um die Blüte“	„Öko-warn-dienst“	„Viti-Meteo“
Regent								
BS¹	4.08 ³ +/- 2.10	0.15 +/- 0.13	0.28 +/- 0.30	0.23 +/- 0.34	1.90 +/- 0.26	1.57 +/- 0.57	0.18 +/- 0.10	0.48 +/- 0.37
BH²	27.75 +/- 12.31	1.50 +/- 1.29	2.75 +/- 2.99	2.25 +/- 3.86	29.00 +/- 43.46	11.25 +/- 6.60	1.50 +/- 0.58	2.50 +/- 2.08
Calandro								
BS¹	2.35 +/- 1.27	0.53 +/- 0.55	0.40 +/- 0.46	1.51 +/- 0.43	4.28 +/- 3.91	2.05 +/- 1.20	0.54 +/- 0.25	1.87 +/- 2.45
BH²	16.33 +/- 8.74	3.00 +/- 2.65	2.67 +/- 3.06	7.67 +/- 2.52	12.00 +/- 4.58	10.67 +/- 3.79	4.33 +/- 1.15	7.33 +/- 4.04
Spätburgunder								
BS¹	11.25 +/- 2.16	0.63 +/- 0.59	0.90 +/- 0.58	4.53 +/- 2.43	2.12 +/- 1.03	3.51 +/- 1.20	1.11 +/- 0.53	1.17 +/- 0.74
BH²	56.25 +/- 21.18	3.00 +/- 2.94	4.50 +/- 4.43	11.50 +/- 5.80	13.25 +/- 2.63	23.75 +/- 6.45	6.50 +/- 3.42	7.75 +/- 3.50
Weißburgunder								
BS¹	7.06 +/- 4.58	1.65 +/- 1.41	2.78 +/- 1.74	2.53 +/- 1.84	4.60 +/- 2.65	5.90 +/- 1.84	2.38 +/- 2.29	1.91 +/- 0.78
BH²	32.25 +/- 20.66	6.50 +/- 5.26	10.50 +/- 5.92	5.75 +/- 4.19	10.75 +/- 7.27	18.00 +/- 2.16	7.75 +/- 7.50	7.25 +/- 3.30
Geringster Befall	Regent	Regent	Regent / Calandro	Regent	Regent / Calandro	Regent/ Calandro	Regent	Regent / Calandro

¹ durchschnittlicher Anteil (%) betroffener Blattfläche (n = 100)

² durchschnittliche Anzahl befallener Blätter je 100

³ errechneter Mittelwert und Standardabweichung (zur Anzahl der Wiederholungen je Sorte / Variante s. „Pflanzplan“)

Für die gestaffelten Kupferaufwandmengen ergaben sich nur zum Teil unterschiedliche Befunde für traditionelle und Piwi-Sorten, welche wie folgt charakterisiert werden können:

Aufwandmengen zwischen 2.96 und 2.76 kg Cu/ha (beinhaltet die Varianten „2960“, „Öko-warndienst“ und „VitiMeteo“):

Die genannten Varianten waren weitgehend identisch in den Spritzterminen und den jeweils ausgebrachten Kupfermengen (Tab. 7).

Hier konnte für alle vier Sorten eine vollständige Schutzwirkung erreicht werden. Die sehr geringen Unterschiede in BS und BH erlauben kaum eine Klassifizierung zwischen den Rebsorten, insgesamt schneiden „Nutzung von Resistenzmechanismen verschiedener Rebarten als Alternative zum Einsatz von Kupfer im Ökoweinbau“ – Abschlussbericht des JKI, Januar 2011 – Dezember 2013

die beiden Piwi-Sorten aber wohl noch minimal besser ab (Tab. 7). Beim vorhandenen geringen Befallsniveau sind aber die beobachteten Unterschiede ohne weiteres auch auf etwas unterschiedliche Bonituransätze der beteiligten Personen zurückführbar.

Aufwandmenge 2.35kg Cu/ha (Variante „2350“):

Für alle Sorten ergab diese Variante ein gegenüber der Maximalvariante nur wenig verändertes Bild (augenfällig z.B. für Calandro) – sowohl BS als auch BH waren durchwegs sehr gering.

Aufwandmenge 1.75 kg Cu/ha (Variante „1750“):

Calandro und vor allem Regent zeigten nach wie vor sehr gute Werte für BS und BH; leicht abgeschwächt gilt dies auch noch für Spät- und Weißburgunder. Unter den lokalen Infektionsbedingungen war demnach auch bei dieser Variante ein völlig ausreichender Schutz gewährleistet, obwohl die letzte Spritzung bereits am 23.7. erfolgt war.

Aufwandmenge 1.550kg Cu/ha (Variante „1550“):

Bei leicht erhöhter Befallshäufigkeit (BH) wurden für alle Sorten auch bei dieser Variante noch sehr befriedigende Ergebnisse erreicht, gleichermaßen für Piwi- und traditionelle Sorten. Die erste Spritzung fand am 12.6., die letzte am 17.7. statt; als die Blühperiode abgeschlossen war. Der vergleichsweise deutlich erhöhte Wert „Befallshäufigkeit“ bei der Sorte Regent ist offensichtlich auf einen Fehler bei der Datenerhebung einer der vier Wiederholungen zurückzuführen (diese Annahme ist unterstützt durch die sehr hohe Standardabweichung).

Aufwandmenge 1.150 kg Cu/ha (Variante „um die Blüte“):

Die Spitzperiode umfasste den Bereich vom 19.6. bis zum 9.7.; die am Standort beobachtete, im Vergleich zu normalen Jahren etwas verlängerte, Blühperiode war damit gerade abgedeckt. Hinsichtlich Befallsschwere und Befallshäufigkeit unterschied sich diese Variante für keine der vier Sorten von der Variante mit 1.550 kg Cu/ha; lediglich die Werte BH waren für die beiden konventionellen Sorten leicht erhöht. Unter den Standortverhältnissen war demnach mit nur vier Spritzungen für alle vier Sorten immer noch ein sehr befriedigender Pflanzenschutz zu erzielen.

Aufwandmenge 0 g Cu/ha (Variante „0“):

Die unbehandelte Kontrolle zeigt, dass wie bereits im Jahr 2011 auch für 2013 am Standort Geilweilerhof nur schwache Infektionsbedingungen für *Peronospora* herrschten. Die traditionellen Sorten lagen in ihrer Befallsschwere im Bereich von etwa 10%, die Piwi-Sorten noch deutlich darunter. Die unterschiedliche Empfindlichkeit der Sorten gegenüber *Peronospora* wird in dieser vollständig unbehandelten Variante vor allem an der Befallshäufigkeit deutlich: für Spätburgunder und Weißburgunder waren mehr als die Hälfte bzw. etwa ein Drittel der Blätter befallen, bei gleichzeitig aber immer noch sehr mäßiger Befallsschwere.

Dass auch in der unbehandelten Variante unter den Bedingungen des Jahres 2013 am Standort Geilweilerhof vor allem für Piwi-Sorten sehr befriedigende Resultate erzielt werden konnten, zeigen die folgenden Abbildungen von Trauben und Laubwand (Bild 7 und **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**;s. auch Boniturdaten in Tab. 7), alle vom 4.10.2013. Aufgrund der schwierigen Witterungsbedingungen und der damit einhergehenden Gefährdung durch *Botrytis*-Befall war die vergleichsweise frühreife Sorte Calandro zu diesem Zeitpunkte bereits abgeerntet; prinzipiell befanden sich aber für alle anderen Sorten die Trauben auch am 4.10., d.h. kurz vor der Lese, in guter Verfassung; Probleme an der Laubwand waren nur gering ausgeprägt und beschränkten sich weitgehend auf die traditionellen Sorten Spät- und Weißburgunder, dort vor allem im Bereich des Zuwachses. Grundsätzlich ist für alle Sorten der bereits für 2012 auffällige typische und stark ausgeprägte Befall durch die Grüne Rebzikade zu beobachten, erkennbar an den scharf abgegrenzten Verfärbungen an den Blatträndern.



Bild 7: Regent, unbehandelte Variante: Laubwand (links) und Trauben (rechts) zum Zeitpunkt 4.10.2013. Pero-Befall ist nur in sehr geringem Ausmaß, im oberen Bereich (Zuwachs!) der Laubwand, zu erkennen.



Bild 8: Calandro, unbehandelte Variante: Laubwand und vereinzelte Trauben zum Zeitpunkt 4.10.2013. Die Laubwand ist weitestgehend frei von Pero-Befall.



Bild 9: Spätburgunder, unbehandelte Variante: Laubwand (links) und Trauben (rechts) zum Zeitpunkt 4.10.2013. Pero-Befall ist vor allem im oberen Bereich (Zuwachs!) der Laubwand zu erkennen.



Bild 10: Weißburgunder, unbehandelte Variante: Laubwand (links) und Trauben (rechts) zum Zeitpunkt 4.10.2013. Pero-Befall ist nur in geringem Ausmaß, im oberen Bereich (Zuwachs!) der Laubwand, zu erkennen.

Kupferminimierungsstrategien

Grundsätzlich lassen sich verschiedene Kupferminimierungsstrategien im Weinbau anwenden:

- die ausgebrachte Kupfermenge je Spritzung wird reduziert;
- die Anzahl der Spritzungen wird reduziert, sei es durch Weglassen von Spritzungen zu Beginn und/oder zu Ende der Saison, oder sei es durch das gezielte Auslassen von Spritzungen während der Spritzperiode (s. unten). Die letztgenannte Möglichkeit stützt sich auf eine mögliche Langzeitwirkung von Kupferpräparaten, die allerdings immer in Abhängigkeit von den klimatischen Bedingungen zu sehen ist (s. hierzu auch den 2. Zwischenbericht, Saison 2012).

Wie bereits für die Saison 2012 wurde auch in den Versuchen 2013 der Strategie, Spritzungen zu Beginn und zum Schluss der Spritzsaison wegzulassen, gefolgt. Auch mit der von der Aufwandseite her stark reduzierten Variante „um die Blüte“, d.h. Spritzfolgen unter Berücksichtigung der Phänologie der Rebe, wurden dabei sehr befriedigende und für die Praxis ausreichende Resultate erzielt.

Prinzipiell können Spritzungen nur dann witterungsbedingt nach hinten verschoben werden, wenn im Betrieb die entsprechende Maschinenschlagkraft vorliegt. Deshalb ist auch ein Versuchsansatz nicht unrealistisch, bei dem am Anfang der Spritzsaison Termine für die gesamte Spritzsaison gesetzt werden (entsprechend unserer Variante „2960“). Die Erfahrungen aus den Jahren 2012 und 2013 zeigen, daß sich diese theoretische Variante letztlich fast völlig mit den Varianten „Ökowerndienst“ und „VitiMeteo“ decken kann – die Aussagen des Warndienstes stützen sich aber natürlich sehr wesentlich auf die über die Prognosemodelle ermittelten Gefährdungsstufen. Insgesamt war die Saison 2013 zumindest in einigen Regionen von einer Ausnahmesituation in Sachen Pero-Befall gekennzeichnet, so erklärt sich letztlich die über den Ökowerndienst ermittelte vergleichsweise hohe Kupferaufwandmenge.

Während eine der Reduktionsstrategien im vorliegenden Projekt darauf abzielte, die Zahl der Spritzungen zu Beginn und zu Ende der Vegetationsperiode zu reduzieren (für 2013 die Varianten „2350“, „1750“, „1550“, „um die Blüte“), wurden im parallel am Standort laufenden PURE-Projekt (www.pure-ipm.eu) die Spritzintervalle verlängert und auf diese Weise die Anzahl der Applikationen halbiert. Über die Jahre 2011 bis 2013 betrachtet, unterscheiden sich die Auswirkungen dieses unterschiedlichen Ansatzes nur unwesentlich; eine Tendenz zu einem schwächeren Schutz war höchstens bei der empfindlichen Sorte Spätburgunder zu beobachten.

Erhebung von mit pilzwiderstandsfähigen Sorten bestockter Rebfläche und deren Auswirkungen auf das Kupfer-Einsparpotential

In Kooperation mit der Hochschule Geisenheim University und dem Bundesverband Ökologischer Weinbau (ECOVIN) erfolgte eine Erhebung der mit pilzwiderstandsfähigen Rebsorten (PIWI) bestockten Flächen innerhalb der Mitgliedsbetriebe von ECOVIN in Deutschland.

ECOVIN – Bundesverband Ökologischer Weinbau – vertritt derzeit 220 Mitgliedsbetriebe und ist damit der größte Fachverband für Ökologischen Weinbau weltweit. Zur Auswertung kamen die Flächenmeldedaten von 207 Betrieben auf der Basis des Jahres 2010.

Tab. 8: ECOVIN-Mitgliedsbetriebe (D) und Anbau von PIWI-Rebsorten (Stand 2010)

Anbaugebiet	Anzahl Betriebe	Gesamtfläche [ha]	Piwi-Fläche [ha]	Ø Gesamtfläche /Betrieb [ha]	Ø Piwi-Fläche/Betrieb [ha]	Ø Flächenanteil Piwi [%]
Ahr	2	4,2	0,6	2,1	0,32	14,3
Baden	67	276,5	42,8	4,1	0,64	15,5
Franken	2	4,0	1,3	2,0	0,65	32,5
Hessische Bergstraße	1	1,3	0,25	1,3	0,25	19,2
Mittelrhein	4	6,3	0,1	1,6	0,02	1,6
Mosel	46	214,6	13,0	4,7	0,28	6,1
Nahe	6	65,5	5,7	10,9	0,95	8,7
Pfalz	14	178,5	15,8	12,8	1,13	8,9
Rheingau	8	65,6	0	8,2	0	0
Rheinhessen	43	547,6	32,7	12,7	0,76	6,0
Württemberg	14	89,0	6,3	6,4	0,45	7,0
Gesamt:	207	1.453,1	118,6	7,0	0,57	8,2

Die in der Summe erfassten Betriebe repräsentieren eine weinbaulich genutzte Fläche von 1.453,1 ha, was etwa 30 % der aktuell zertifizierten Bioweinbaufläche Deutschlands entspricht (Basis: 5.000 ha zertifizierte Bioweinbaufläche in Deutschland).

Die ECOVIN Mitgliedsbetriebe verteilen sich auf 11 deutsche Weinanbaugebiete (Tab. 8). Insgesamt bauen von 207 Mitgliedsbetrieben 137 Betriebe pilzwiderstandsfähige Rebsorten auf einer Gesamtfläche von 118,6 ha an. Dieses entspricht einem Anteil von 8,2 % an der Gesamtanbaufläche. Der überwiegende Anbau von PIWI Rebsorten erfolgt flächenmäßig in Baden und Rheinhessen, gefolgt von den Anbaugebieten Pfalz und Mosel.

In Folge der Auswertung der Betriebsdaten aus dem Jahr 2010 wurde im nächsten Schritt eine Auswertung der Pflanzenschutzmittelapplikationen (insbesondere der ausgebrachten Kupfermengen) an Hand einer gezielten Auswahl von Betrieben für die darauffolgenden drei Jahre vorgenommen. Ziel dieser Datenerfassung war es, eine Aussage zu Pflanzenschutzmaßnahmen in Abhängigkeit von den angebauten Rebsorten treffen zu können. Hierbei sollte speziell das Potential der Kupferreduzierung ermittelt werden, welches durch den Anbau pilzwiderstandsfähiger Rebsorten möglich ist.

Hierzu wurden 8 Betriebe aus unterschiedlichen Anbaugebieten ausgewählt (Tab. 9), welche einen verhältnismäßig hohen Anteil an pilzwiderstandsfähigen Rebsorten anbauen. Flächenmäßig machen sie einen Anteil von 7,7 % der Gesamtanbaufläche aller ECOVIN-Mitgliedsbetriebe aus. Bezüglich der mit pilzwiderstandsfähigen Rebsorten bestockten Fläche repräsentieren diese Betriebe einen Anteil von 19,6 % der gesamten PIWI-Fläche aller Mitgliedsbetriebe. Die untersuchten Betriebe verteilen sich repräsentativ über die Anbaugebiete Baden, Mosel, Nahe, Pfalz und Rheinhessen. Mit Hilfe eines Fragenkatalogs wurden die Betriebe in den Jahren 2010 bis 2013 zum Anbau ihrer PIWI-Rebsorten hinsichtlich Flächenverteilung, „Nutzung von Resistenzmechanismen verschiedener Rebsorten als Alternative zum Einsatz von Kupfer im Ökoweinbau“ – Abschlussbericht des JKI, Januar 2011 – Dezember 2013

Spritzmittelaufwand und Anzahl der Spritzfahrten befragt. Ebenfalls wurden die Pflanzenschutzmaßnahmen für die Nicht-PIWI Sorten ermittelt, um einen Vergleich zwischen pilzwiderstandsfähigen und nicht-pilzwiderstandsfähigen Rebsorten aufstellen zu können. Weiterhin sind in einzelnen Jahren Angaben zu weiteren Pflanzenschutzmaßnahmen und Pflanzenstärkungsmitteln, Problemen mit einzelnen PIWI-Sorten und der Planung hinsichtlich Rodung oder Neupflanzung von pilzwiderstandsfähigen Rebsorten abgefragt worden.

Tab. 9: Ausgewählte Betriebe und deren Anteil an pilzwiderstandsfähigen Rebsorten (Stand 2013)

Betrieb	Anbaugebiet	Gesamtfläche [ha]	PIWI-Fläche [ha]	PIWI-Anteil [%]	Anzahl PIWI-Rebsorten
1.	Baden	3,5	3,325	95,0	8
2.	Baden	29,0	2,55	8,8	6
3.	Mosel	7,1	1,2	16,9	5
4.	Nahe	18,4	3,2	17,4	6
5.	Pfalz	15	7,5	50,0	12
6.	Rheinhessen	13	2,8	21,8	6
7.	Rheinhessen	11,3	1,38	12,2	2
8.	Rheinhessen	14	1,4	10,0	4
Gesamt:		111,3	23,4		
Durchschnitt:		13,9	2,9	29,0	6

Wie aus Tab. 9 zu entnehmen ist, bewirtschaften die 8 ausgewählten ECOVIN-Mitgliedsbetriebe eine Gesamtfläche von 111,3 ha, wovon insgesamt 23,4 ha mit pilzwiderstandsfähigen Rebsorten bepflanzt sind. Die Anteile der jeweiligen PIWI-Fläche an den Gesamtflächen der Weingüter variiert hierbei zwischen 8,8 % und 95,0 %. Ebenfalls zeigen sich zwischen den Betrieben Unterschiede in der Anzahl der angebauten PIWI-Sorten – durchschnittlich hat jeder der befragten Betriebe einen PIWI-Anteil von 29,0 % und 6 verschiedene PIWI-Sorten im Anbau.

Beim Blick auf die angebauten PIWI-Sorten zeigt sich folgende Verteilung hinsichtlich der Anbaufläche in den befragten Betrieben:

Tab. 10: PIWI-Sorten der teilnehmenden Betriebe und deren Flächenanteile (Stand 2013)

PIWI-Sorten (weiss)	Flächen [ha]	PIWI-Sorten (rot)	Fläche [ha]
Cabernet blanc	2,53	Regent	9,85
Johanniter	1,3	Cabernet Cortis	0,75
VB Cal 6-04	1,2	Cabertin	0,7
Solaris	1,0	Monarch	0,7
Saphira	0,44	VB Cal 1-22	0,6
Phönix	0,4	Pinotin	0,5
Southern gris	0,4	VB 91-26-08	0,5
Prinzipal	0,3	Prior	0,48
Muscaris	0,2	Cabernet Carol	0,34
Staufer	0,2	VB 91-26-29	0,31
		Rondo	0,31
		VB 91-26-06	0,2
		VB 91-26-05	0,2
		Cabernet Carbon	0,03
Gesamtfläche [ha]:	7,97	Gesamtfläche [ha]:	15,47

„Nutzung von Resistenzmechanismen verschiedener Rebsorten als Alternative zum Einsatz von Kupfer im Ökoweinbau“ – Abschlussbericht des JKI, Januar 2011 – Dezember 2013

Bezüglich der Rebsortenverteilung lässt sich feststellen, dass Rebsorten wie Cabernet blanc, Johanniter und Regent von einem großen Teil der befragten Betriebe angebaut werden, wohingegen PIWI-Sorten wie VB Cal 6-04, Saphira, Prinzipal und Staufer aus dem Bereich der weißen Rebsorten, sowie ein großer Teil der roten PIWI-Sorten (VB Cal 1-22, Pinotin, VB 91-26-08, VB 91-26-29, VB 91-26-06, VB 91-26-05 und Cabernet Carbon) jeweils nur von einem der teilnehmenden Mitgliedsbetriebe angebaut werden.

Dieses sollte auch bei der Auswertung der ausgebrachten Kupfermengen für die jeweiligen Rebsorten (siehe Tab. 11) berücksichtigt werden. Auf Grund unterschiedlicher Bedingungen sind je nach Anbaubereich andere Pflanzenschutzmaßnahmen erforderlich, was Einfluss auf die ausgebrachten Kupfermengen in den jeweiligen Betrieben hat. Beispielsweise können viele Betriebe an der Mosel auf Grund der regionalen Verbreitung der Schwarzfäule den Kupferaufwand auch bei den PIWI-Sorten nicht maßgeblich reduzieren, da diese in der Regel keine Resistenzen gegenüber dem Schaderreger zeigen. Das erklärt auch das geringe Einsparpotential der PIWI-Sorten hinsichtlich der ausgebrachten Kupfermengen für den Betrieb an der Mosel (vgl. Tab. 11).

Tab. 11: Kupferaufwand der einzelnen Betriebe für PIWI- und Nicht-PIWI-Sorten (Durchschnitt 2010-2013)

Betrieb	Anbaubereich	Ø Cu-Aufwand PIWI [kg/ha/Jahr]	Ø Cu-Aufwand Nicht-PIWI [kg/ha/Jahr]	Cu-Einsparung [%]	Ø Anzahl Spritzfahrten PIWI	Ø Anzahl Spritzfahrten Nicht-PIWI	Einsparung Spritzfahrten [%]
1.	Baden	1,18	2,41	51,1	5	11,8	57,4
2.	Baden	1,43	2,17	34,2	8,4	12,7	33,6
3.	Mosel	1,73	1,77	2,3	5,5	5,5	0,0
4.	Nahe	0,19	1,9	90,3	0,9	10,3	90,0
5.	Pfalz	0,15	1,0	84,6	3,3	12,8	74,0
6.	Rheinhessen	0,34	1,81	81,3	1,8	10,8	83,7
7.	Rheinhessen	0,41	1,1	62,6	4,1	9,0	54,2
8.	Rheinhessen	1,63	2,78	41,4	5,6	9,8	42,9
Durchschnitt:		0,88	1,87	56,0	4,3	10,3	54,6

Betrachtet man die durchschnittlich ausgebrachten Kupfermengen für pilzwiderstandsfähige und nicht-pilzwiderstandsfähige Rebsorten, so zeigen sich generelle Unterschiede zwischen den befragten Betrieben der jeweiligen Anbauregionen (siehe auch Tab. 11). Die Gründe hierfür sind unterschiedlich: einerseits zeigen die pilzwiderstandsfähigen Rebsorten unterschiedlich ausgeprägte Resistenzen gegenüber Pilzkrankheiten wie Peronospora (Falscher Mehltau), wodurch je nach Rebsorte unterschiedlich hohe Mengen an Kupfer beim Pflanzenschutz notwendig sind. Andererseits erfordern unterschiedliche klimatische Bedingungen in den jeweiligen Weinbauregionen und das verstärkte Auftreten der Schwarzfäule speziell an der Mosel einen individuell angepassten Pflanzenschutz. Aber nicht nur die klimatischen Bedingungen der Region spielen hierbei eine Rolle. Das Kleinklima einzelner Lagen wie auch phytosanitäre Maßnahmen im Weinberg oder interne betriebliche Abläufe üben ebenfalls einen Einfluss auf die ausgebrachten Kupfermengen in den jeweiligen Betrieben aus.

Grundsätzlich zeigt sich jedoch beim Blick auf die verwendeten Kupfermengen der einzelnen Betriebe, dass beim Anbau von pilzwiderstandsfähigen Rebsorten im Schnitt etwa die Hälfte der üblich ausgebrachten Kupfermenge eingespart werden kann (vgl. Tab. 11).

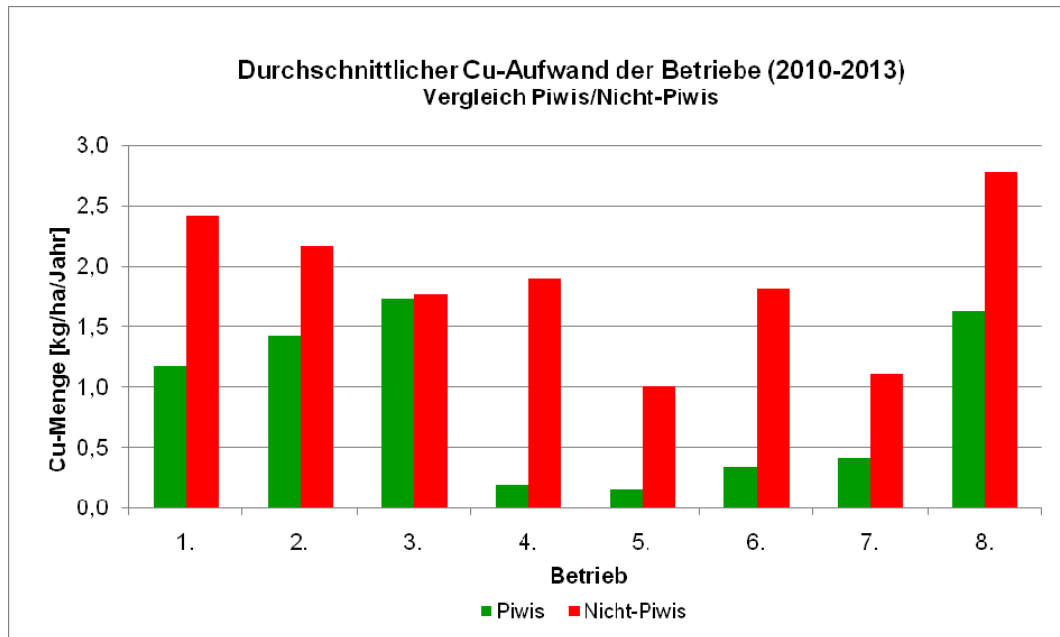


Abb. 7: Durchschnittlich ausgebrachte Kupfer-Mengen (kg/ha) pro Jahr der befragten Betriebe bei pilzwiderstandsfähigen und nicht-pilzwiderstandsfähigen Rebsorten

Betrachtet man das Einsparpotential für Kupfer in den einzelnen Betrieben, so zeigen sich auch hier Unterschiede. So kann beispielsweise der Betrieb an der Mosel (Nr. 3) auf Grund der regionalen Problematik mit der Schwarzfäule kaum Kupfer durch den Anbau von pilzwiderstandsfähigen Rebsorten einsparen. Die Daten der Mitgliedsbetriebe von der Nahe (Nr. 4) oder aus der Pfalz (Nr. 5) zeigen hingegen, dass bei den PIWI-Sorten bis zu 90 % der Kupfermenge eingespart werden kann, welche die Betriebe im Schnitt für den Pflanzenschutz der Nicht-PIWI-Sorten aufbringen müssen (vgl. Abb. 7).

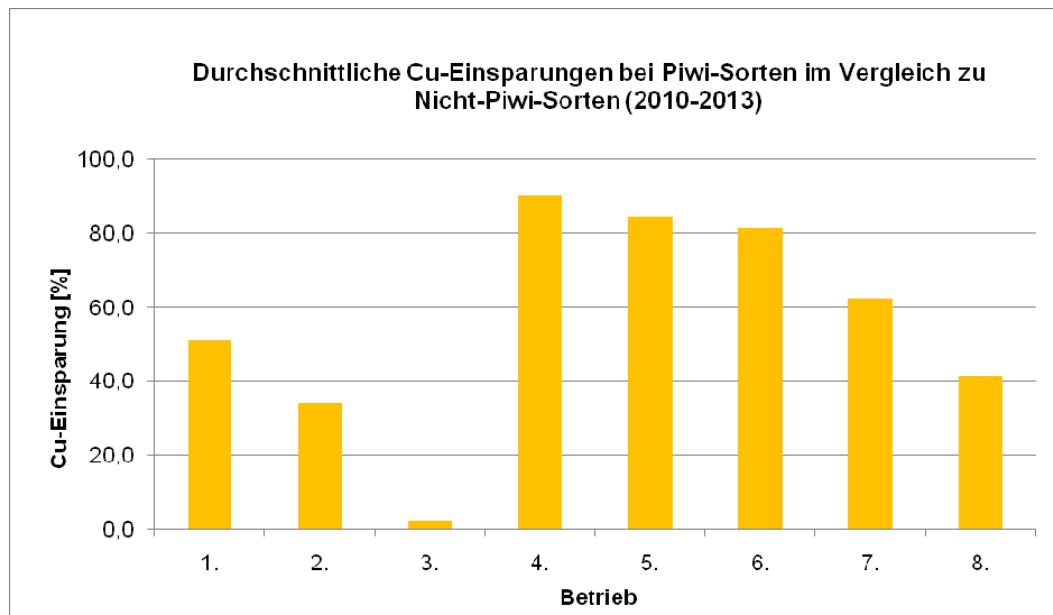


Abb. 8: Kupfer-Einsparpotential von acht repräsentativ ausgewählten Qualitätsweinbaubetrieben in den Jahren 2010 - 2013

An dieser Stelle sei erwähnt, dass es sich bei den Angaben lediglich um die Daten von 8 Mitgliedsbetrieben handelt, welche pilzwiderstandsfähige Rebsorten anbauen. Rückschlüsse auf generell eingesetzte Kupfermengen in den jeweiligen Anbaugebieten sollten daher an dieser Stelle nicht gezogen werden.

Generell jedoch zeigen die Daten von 179 Mitgliedsbetrieben aus den Jahren 2009 und 2010, dass mit steigendem Anteil an pilzwiderstandsfähigen Rebsorten die für den Pflanzenschutz notwendige Kupfermenge deutlich reduziert werden kann (vgl. Tab. 11). Es zeigt sich, dass Betriebe, welche mehr als 50 % pilzwiderstandsfähige Rebsorten im Anbau haben, bis zu 0,9 kg Kupfer pro Jahr im Vergleich zu Betrieben ohne pilzwiderstandsfähige Rebsorten einsparen können.

Tab. 12: Kupferaufwandmenge im Vergleich zum Piwi-Anteil (2009 – 2010)

Piwi-Anteil [%]	Ø Cu-Menge [kg/ha/Jahr]	Anzahl Betriebe
0	2,37	58
0-10	2,28	59
11-20	2,07	30
21-30	2,07	15
31-40	1,46	5
41-50	1,67	6
> 50	1,45	6

Auch wenn einzelne PIWI-Sorten eine geringere Resistenz gegenüber pilzlichen Schaderregern zeigen als andere, so kann doch grundsätzlich über den Anbau von pilzwiderstandsfähigen Rebsorten die erforderliche Kupfermenge deutlich reduziert werden. Über dieses Einsparpotential der PIWIs hat der Winzer in Jahren mit extrem hohem Befallsdruck zudem die Möglichkeit, einen verstärkten Kupfereinsatz bei den nicht-pilzwiderstandsfähigen Rebsorten in der Gesamtbilanz abzuf puffern.

Ein reduzierter Spritzmittelaufwand für die pilzwiderstandsfähigen Rebsorten spiegelt sich in der Regel auch in einer Verringerung der Anzahl an Spritzfahrten wieder. Diese positive Begleiterscheinung sollte neben der reduzierten Kupfermenge nicht unterschätzt werden, da hier der Aspekt der Bodenschonung ins Spiel kommt. Eine geringere Anzahl von Spritzfahrten bedeutet nicht nur die Einsparung von Treibstoff und ein reduzierter Maschinen- und Arbeitseinsatz, sondern auch eine geringere Belastung des Bodens. Auch wenn ökologisch arbeitende Betriebe ohnehin durch die Einsaat von Begrünungen in den Gassen Bodenverdichtungen und Bodenerosion vorbeugen, so wird das Bodenleben zusätzlich durch das Einsparen von Spritzfahrten geschont und der Erhalt der Bodenstruktur zusätzlich gefördert.

Durch den Anbau von pilzwiderstandsfähigen Rebsorten konnten in den befragten Betrieben im Durchschnitt mehr als die Hälfte aller Spritzfahrten eingespart werden (vgl. Tab. 11 und Abb. 9).

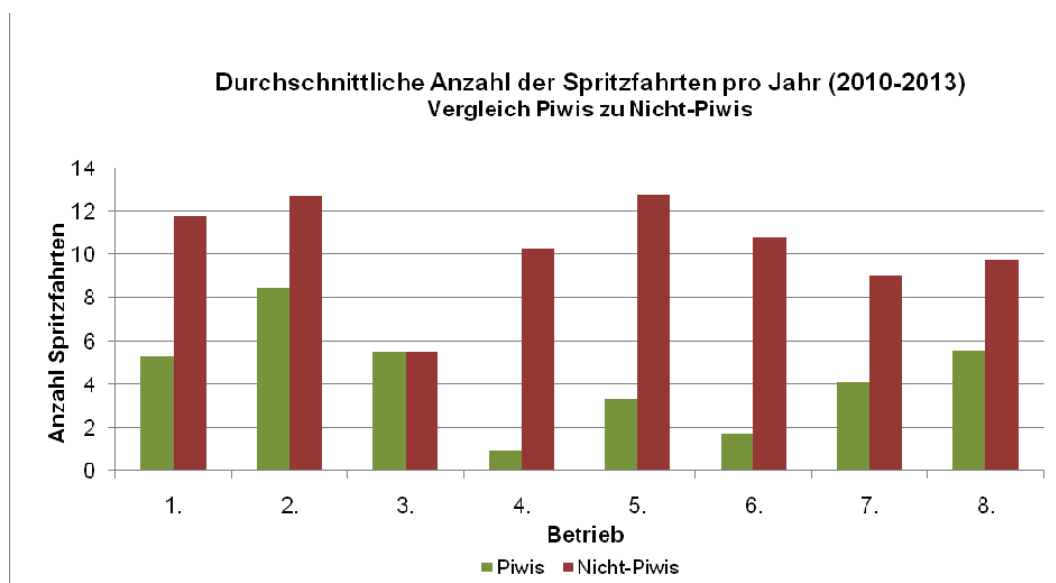


Abb. 9: Anzahl der Spritzmittelapplikationen bei pilzwiderstandsfähigen und nicht-pilzwiderstandsfähigen Rebsorten in den befragten Betrieben

Tab. 13 zeigt die jeweiligen Kupfermengen, welche im Durchschnitt von den befragten Betrieben für die jeweiligen pilzwiderstandsfähigen Rebsorten eingesetzt worden sind. Aus den Daten wird deutlich, dass bestimmte Rebsorten wie z. B. Regent, Solaris oder auch Prinzpal einen erhöhten Kupferaufwand gegenüber anderen pilzwiderstandsfähigen Rebsorten benötigen. Allerdings ist zu beachten, dass viele der dargestellten PIWI-Sorten nur von einem oder lediglich zwei der Mitgliedsbetriebe angebaut werden. Die ausgebrachte Kupfermenge orientiert sich demnach ausschließlich an den Daten dieser Betriebe, was einen Vergleich der Rebsorten untereinander schwierig macht.

Beispielsweise wird Regent von nahezu allen befragten Mitgliedsbetrieben angebaut, so dass der dargestellte Kupferaufwand einen Durchschnitt über alle Betriebe aus den verschiedenen Anbaugebieten repräsentiert. Sorten wie z. B. VB Cal 6-04, Saphira, Sauvignier gris, VB Cal 1-22, Pinotin, VB 91-26-08, VB 91-26-29, VB 91-26-06 oder VB 91-26-05 werden jedoch lediglich von einem der befragten Mitgliedsbetriebe angebaut, so dass diese Daten ausschließlich auf den Angaben des jeweiligen Betriebs in der jeweiligen Anbauregion basieren. Somit ist ein Vergleich der Werte untereinander kaum oder gar nicht möglich.

Die Rebsorte Prinzpal wird beispielsweise nur vom Mitgliedsbetrieb an der Mosel angebaut, welcher auch bei den pilzwiderstandsfähigen Rebsorten erhöhte Kupfermengen gegen Schwarzfäule ausbringen muss. Ebenso konnten nicht in jedem Jahr alle Daten zu jeder Rebsorte ermittelt werden, da diese erst nachträglich neu gepflanzt worden sind oder der Ertrag einer Anlage beispielsweise durch ein starkes Hagelereignis nahezu vollständig zerstört worden ist. Je nach Mitgliedsbetrieb wurden bestimmte Rebsorten in einem Jahr gar nicht gespritzt, wohingegen in anderen Betrieben ein erhöhter Kupferaufwand für diese Sorten notwendig war.

Tab. 13: Ausgebrachte Kupfermengen für die einzelnen Rebsorten in den Jahren 2010-2013

	2010 Ø Cu-Menge [kg/ha]	2011 Ø Cu-Menge [kg/ha]	2012 Ø Cu-Menge [kg/ha]	2013 Ø Cu-Menge [kg/ha]
Cabernet blanc	0,4	0,38	0,22	0,44
Johanniter	0,83	0,49	0,85	0,73
VB Cal 6-04	0	0	0	0,1
Solaris	1,15	1,12	1,7	1,2
Saphira	0,4	0	0,24	0,53
Phönix	1,6	1,54	0,97	1,1
Prinzpal	1,6	1,54	1,73	2,2
Sauvignier gris	-	-	-	0,5
Muscaris	0,83	0,43	0,2	0,35
Staufer	0,15	0,15	0,15	0,1
Regent	1,5	0,7	1,55	1,26
Cabernet Cortis	1,35	0,75	1,7	1,0
Cabertin	0,3	0,15	0,2	0,37
Monarch	1,25	1,25	1,35	1,5
VB Cal 1-22	-	-	-	0,2
Pinotin	0,15	0,15	0,15	0,1
VB 91-26-08	0,15	0,15	0,15	0,2
Prior	1,5	0,7	1,5	1,0
Cabernet Carol	-	-	-	1,0
VB 91-26-29	0,4	0	0,24	0,53
Rondo	1,0	1,54	0,99	1,37
VB 91-26-06	0,15	0,15	0,15	0,2
VB 91-26-05	0,15	0,15	0,15	0,2
Cabernet Carbon	1,2	0,8	1,9	-

Hinsichtlich der Frage, ob bestimmte Rebsorten verstärkt zu Problemen neigen, erwähnten mehrere der teilnehmenden Betriebe die geringe Resistenz gegenüber Peronospora bei der Rebsorte Regent. Mehrere Winzer sagten diesbezüglich, dass es sich bei der Rebsorte Regent um "keine echte PIWI-Sorte" mehr handelt. Ebenfalls zeigte sich in einem Betrieb ein verstärkter Peronospora-Befall bei der Rebsorte Saphira, sowie verstärkter Befall mit Oidium bei der Rebsorte Rondo. Große Probleme bei den pilzwiderstandsfähigen Rebsorten bereitet den Winzern aber auch der Befall mit Botrytis, wobei besonders Rebsorten wie Regent, Staufer, Phoenix und VB Cal 91-29-05 erwähnt worden sind.

„Nutzung von Resistenzmechanismen verschiedener Rebsorten als Alternative zum Einsatz von Kupfer im Ökoweinbau“ – Abschlussbericht des JKI, Januar 2011 – Dezember 2013

Wie aber auch bei nicht-pilzwiderstandsfähigen Rebsorten zeigt sich bezüglich des Befalls mit *Peronospora* auch bei PIWI-Sorten eine starke Abhängigkeit zum jeweiligen Standort. So wurde beispielsweise in einem Mitgliedsbetrieb die Rebsorte Regent in einer bestimmten Lage gar nicht gespritzt und dennoch gesundes Traubenmaterial geerntet, wohingegen in einer anderen Lage trotz mehrmaligem Pflanzenschutz einen starken Befall mit *Peronospora* auftrat. Ein anderer Mitgliedsbetrieb beklagte einen verstärkten Befall mit *Peronospora* bei der Rebsorte Johanniter, wohingegen in einem anderen Betrieb im selben Jahr bei dieser Sorte überhaupt kein Pflanzenschutz notwendig war. Großklimatische Bedingungen der jeweiligen Anbauregion wie auch das Kleinklima in den jeweiligen Lagen haben auch bei pilzwiderstandsfähigen Rebsorten einen großen Einfluss auf den Gesundheitszustand der Trauben. Positiv äußerte sich ein Betrieb hinsichtlich der höheren Oechsle-Werte der PIWI-Sorten im Vergleich zu den Nicht-PIWI-Sorten.

Von den 8 befragten Betrieben planten im Jahr 2013 zwei Betriebe Neupflanzungen von PIWI-Sorten, wobei Rebsorten wie Helios, VB Cal 1-22 und VB 91-26-29 vorgesehen sind. Aber auch Rodungen von PIWI-Flächen sind aus unterschiedlichen Gründen erfolgt. Zum einen beklagten Winzer die Frühereife einiger PIWI-Sorten, wodurch es zu Wespenfraß und frühzeitigem Befall mit *Botrytis* und Essigfäule kommt. Aber auch Gründe wie ein geringes Aroma, hohe Säure und geringe Resistenz gegenüber *Peronospora* sind als Gründe genannt worden. Ein Betrieb plant im Zuge der Flurbereinigung die Rodung einer mit Regent bestockten Fläche.

Bezüglich der Vermarktung von PIWIs zeigen sich bei den befragten Betrieben unterschiedliche Ansätze. Ein Teil der Betriebe baut pilzwiderstandsfähige Rebsorten reinsortig aus und deklariert diese auch als solche. Vermehrt werden auch Cuvées mit anderen PIWI-Sorten erstellt und vermarktet. Der Absatz erfolgt überwiegend als Flaschenwein, wobei PIWI-Sorten auch gerne zur Bereitung von Secco, Federweißer und Traubensaft verwendet werden. Für die meisten der befragten Betriebe erfolgt der Absatz zu einem großen Teil über Privatkunden, aber auch regional in Gastronomie und Fachhandel werden Weine aus pilzwiderstandsfähigen Rebsorten nachgefragt.

Aktive Werbung für pilzwiderstandsfähige Rebsorten machen jedoch nur wenige Betriebe bei ihren Kunden. Während einige Betriebe den biologisch wertvollen Aspekt der pilzwiderstandsfähigen Rebsorten bei den Kunden hervorzuheben versuchen, halten andere Betriebe die Argumentation für riskant, da den Kunden damit signalisiert werde, dass andere Rebsorten gespritzt werden müssen – dieses sei Kunden von biologisch arbeitenden Weingütern oftmals nicht bewusst. Laut der teilnehmenden Weingüter können weniger als 5 % der Kunden mit dem Begriff PIWI etwas anfangen.

Grundsätzlich stehen die meisten Betriebe positiv den PIWI-Sorten gegenüber, beklagen aber auch deren geringen Bekanntheitsgrad und schwache Marktakzeptanz. Wenige der befragten Betriebe planen Neupflanzungen von pilzwiderstandsfähigen Rebsorten, aber auch wenige Betriebe wollen ihre PIWI-Flächen wieder roden. Betriebe mit einem hohen PIWI-Anteil kommunizieren in der Regel auch den Begriff der pilzwiderstandsfähigen Rebsorten und dessen Vorteile nach außen. Für viele der befragten Betriebe dienen die pilzwiderstandsfähigen Rebsorten als Möglichkeit, die Menge an Pflanzenschutzmitteln bewusst zu reduzieren, jedoch sehen viele Winzer kein weiteres Einsparpotential hinsichtlich der eingesetzten Kupfermengen. Hier sind zukünftig Fortschritte in der Züchtungsforschung und Applikationstechnik gefragt. In vielen Betrieben dient der Anbau von PIWIs neben der Einsparung von Pflanzenschutzmitteln auch der Erweiterung des Sortiments oder als Verschnittpartner für Nicht-PIWIs.

6. Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und zur Verwertbarkeit der Ergebnisse

Im Allgemeinen sind die Zukunftschancen der PIWI's als gut zu bewerten. Dafür sprechen der Anbau sowie die Weinqualität und die zu erwartenden Impulse aus der Züchtung. Dagegen sprechen die Vermarktungschancen.

Die anbaulichen Vorteile und die damit verbundenen Kosteneinsparungen sowie der ökologische Aspekt sind attraktive Vorteile, die so auch bestehen bleiben und sich vielleicht sogar noch verbessern könnten, falls Neuzüchtungen mit noch höheren Resistenzen auf den Markt kommen. Die Weinqualität wird sich in den nächsten Jahren auch weiterhin verbessern, da die Winzer mehr und mehr Erfahrungen mit dem Anbau und Ausbau der PIWI's sammeln können.

Aus der Züchtung werden in den kommenden Jahren neue PIWI's hervorkommen. Es bleibt abzuwarten ob sie bessere Eigenschaften besitzen als die zurzeit verwendeten. Dies ist auf der einen Seite eine Chance, aber auf der anderen Seite ein Risiko. Wenn immer mehr neue PIWI -Sorten auf den Markt drücken, führt dies unweigerlich zu einem Konkurrenzkampf der PIWI's untereinander. Und da nach aktuellem

Stand ein Durchbruch der PIWI's unter diesem Namen eher unwahrscheinlich erscheint, müssen die Hoffnungen auf einzelnen Sorten liegen. Wenn aber mehr und mehr Sorten angepflanzt und vermarktet werden, schwinden die Chancen einzelner Sorten sich durchzusetzen.

7. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen

Ziel des Projekts war es zum Einen das für die jeweilige PIWI-Sorte notwendige Maß an Pflanzenschutz verbunden mit einer Bestanderhebung erstmals zu ermitteln, weil der Anbau von PIWI's einen weitgehenden Verzicht auf Pflanzenschutz ermöglicht und ökologisch und ökonomisch die nachhaltigste Form des Weinbaus darstellt. Durch zeitliche und konzentrationsgestaffelte Anwendung Cu-haltiger PSM in Freiland-Anwendungsprüfungen mit PIWI's wurde ein durchschnittliches Einsparpotential an Kupfer bestimmt (Wirksamkeit des Verfahrens in ökologisch wirtschaftenden Praxisbetrieben).

Im Unterschied zu anderen Regionen des deutschen Weinbaus (z.B. Baden-Württemberg) war ein dramatischer Infektionsdruck durch *Peronospora* in keinem der drei Jahre feststellbar – die spezifischen Bedingungen am Standort Geilweilerhof sind offensichtlich einer natürlichen Infektion durch diesen Pilz nicht günstig, auch nicht unter anderweitig dramatischer Infektionslage. Die gewonnenen Aussagen lassen sich aber auf sogenannte „trockene“ Standorte übertragen.

Ziel des Projekts war es andererseits, Inhaltsstoffmuster aus Blattextrakten von resistenten Wildreben (Amerikanerreben) mit jenen von Extrakten aus ontogenetisch resistenten alten Blättern von Europäerreben und anfälligen jungen Blättern im Vergleich zu analysieren und zu ermitteln, ob aus den Resistenzeigenschaften der Genotypen Inhaltsstoffe mit Schutz- oder Stärkungseigenschaften gegen Rebskrankheiten selektiert werden können.

Dafür wurden in den ersten beiden Versuchsjahren enzyminhibierte Blatthomogenisate analysiert und die Abhängigkeit des Metabolitmusters von Resistenzeigenschaften, Rebart und Rebsorte, Blattposition und Entwicklungsstadium der Pflanzen betrachtet. Die gewonnenen Erkenntnisse wurden bei der Extrakttherstellung einbezogen. Im zweiten und dritten Projektjahr wurden Blattextrakte erstellt, ihre Inhaltsstoffe analysiert, Resistenzmarkerkandidaten statistisch ermittelt und die fungizide Wirkung der Extrakte überprüft. Die Ermittlung von Resistenzmarkern in Extrakten aus Wildreben war ein Ziel dieses Projektbereichs.

Es wurden Vorversuche mit Pflanzenextrakten aus selektierten resistenten Wildreben an klassischen Rebsorten (vorrangig mit empfindlichen Burgunder- und Riesling-Sorten) zur Befallsschwere und –häufigkeit im Gewächshaus am Geilweilerhof durchgeführt, die bestätigen, dass mit den Pflanzenextrakten eine Bekämpfung der Rebenperonospora Erfolg versprechend sein könnte (**neue Prinziplösung**).

Art und Zeitpunkt einer Kooperation mit Industriepartnern ist bisher noch nicht abschätzbar. Die Vorgehensweise hängt von den Ergebnissen bei Freilandversuchen ab. Je nachdem, ob als Resistenzvermittler bekannte oder neue chemische Substanzen eine bessere Wirksamkeit entwickeln werden, sind entsprechende Partner einzubeziehen. Hierzu bieten sich auf dem Gebiet des Ökologischen Landbaus tätige mittelständische Firmen (z.B. W.Neudorff GmbH KG, Trifolio GmbH) an.

8. Zusammenfassung

In einem 3jährigen Vorhaben wurden wissenschaftliche Grundlagen zur Verringerung des Einsatzes von Kupfer - i.S. der ‚Kupferminimierungsstrategie‘ - unter Nutzung von Resistenzmechanismen erarbeitet, um mittelfristig Nutzungs- und Managementoptionen zur Bekämpfung der Rebenperonospora im Ökologischen Weinbau bereit zu stellen.

Es wurden Vorversuche mit Pflanzenextrakten aus selektierten resistenten Wildreben an klassischen Rebsorten (vorrangig mit empfindlichen Burgunder- und Riesling-Sorten) zur Befallsschwere und –häufigkeit im Gewächshaus am Standort Geilweilerhof durchgeführt, die bestätigen, dass mit den Pflanzenextrakten eine Bekämpfung der Rebenperonospora Erfolg versprechend sein könnte (neue Prinziplösung).

Die Auswertung der Kupferreduktionsversuche im Freiland ergab, dass unter verstärkter Einbeziehung praxisüblicher Prognosemodelle sich mit dem Anbau pilzwiderstandsfähiger Sorten durch Reduzierung des Anwendungszeitraums sowie durch Berücksichtigung der besonders anfälligen Entwicklungsstadien („um die Blüte“) der Rebe Kupferreduzierungspotentiale im Weinbau erschließen lassen. Das bei Anbau neuer *Vitis vinifera* Piwi-Sorten im Freiland minimal notwendige Maß an Pflanzenschutz wurde über drei Vegetationsperioden mit gestaffelten Spritzversuchen in diesem Projekt erstmals ermittelt. Daraus wurde ein durchschnittliches Einsparpotential an Kupfer bestimmt.

Mit dem Anbau von pilzwiderstandsfähigen Rebsorten kann gezielt Kupfer eingespart werden. Anbaubedingt, klimatische Voraussetzungen und betriebliche Abläufe beeinflussen die für den Pflanzenschutz notwendige Kupfermenge deutlich und führen zu einer starken Variabilität der Reduktionspotentiale. Wenn auch pilzwiderstandsfähige Rebsorten nicht ganz ohne den Einsatz von Kupfer als Pflanzenschutzmittel auskommen, sparen die meisten Betriebe über den Anbau von pilzwiderstandsfähigen Rebsorten erhebliche Mengen an Kupfer ein, wie aus den Daten der befragten Betriebe hervorgeht.

9. Literaturverzeichnis

- [1] G. F. BACKHAUS, 2011: Erfassung des Kupfergehaltes landwirtschaftlich genutzter Böden von Sonderkulturen in Deutschland – Stand, Fazit, Ausblick. Journal für Kulturpflanzen, **63** (5). 129–130
- [2] K.-P. WILBOIS, R. KAUER, B. FADER, J. KIENZLE, P. HAUG, A. FRITZSCHE-MARTIN, N. DRESCHER, E. REINERS & P. RÖHRIG, 2009: Kupfer als Pflanzenschutzmittel unter besonderer Berücksichtigung des Ökologischen Landbaus. Journal für Kulturpflanzen, **61** (4). 140–152
- [3] JKI: THEMENHEFT KUPFER, 2009: Kupfer in landwirtschaftlich genutzten Böden – Anwendung, Verbleib, Auswirkungen. Journal für Kulturpflanzen 61(4). S. 111-140
- [4] Abstammung laut <http://www.vivc.de/> für „Isabella bianca“ Suche nach „Isabella“ mit weißen Beeren (Stand 20.11.2013)
- [5] Abstammung laut http://de.wikipedia.org/wiki/Ripatella_%28Rebsorte%29 (Stand 20.11.2013)
- [6] M. ELFERT, D. ULRICH, M. FISCHER, CHR. HOFFMANN & T. STRUMPF, 2013: Auf der Suche nach Biomarkern im Weinblattmetabolom. Journal für Kulturpflanzen **65**, 19–23
- [7] P. SCHREIER, F. DRAWERT & A. JUNKER, 1976: Identification of volatile constituents from grapes. Journal of Agricultural and Food Chemistry 24 (2), 331-336.
- [8] V. FERREIRA, M. AZNAR, R. LOPEZ & J. CACHO, 2001: Quantitative gas chromatography-olfactometry carried out at different dilutions of an extract. Key differences in the odor profiles of four high-quality Spanish aged red wines. Journal of Agricultural and Food Chemistry 49 (10), 4818-4824.
- [9] N. C. LAW, G. J. F. WEINGART, R. SCHUHMACHER & A. FORNECK, 2011: The volatile metabolome of grapevine roots: First insights into the metabolic response upon phylloxera attack. Plant Physiology and Biochemistry 49 (9), 1059-1063.
- [10] P.-P. LIU, C. C. von DAHL, S.-W. PARK & D. F. KLESSIG, 2011: Interconnection between Methyl Salicylate and Lipid-Based Long-Distance Signaling during the Development of Systemic Acquired Resistance in Arabidopsis and Tobacco. Plant Physiology 155 (4), 1762-1768.
- [11] K. MATSUI, K. SUGIMOTO, J. I. MANO, R. OZAWA und J. TAKABAYASHI, 2012: Differential Metabolisms of Green Leaf Volatiles in Injured and Intact Parts of a Wounded Leaf Meet Distinct Ecophysiological Requirements. PLoS ONE 7 (4), e36433.
- [12] M. COTORAS, P. CASTRO, H. VIVANCO, R. MELO und L. MENDOZA, 2013. Farnesol induces apoptosis-like phenotype in the phytopathogenic fungus Botrytis cinerea. Mycologia 105 (1), 28-33.
- [13] X.-D. YU, J. PICKETT, Y.-Z. MA, T. BRUCE, J. NAPIER, H.D. JONES & L.-Q. XIA, 2012: Metabolic Engineering of Plant-derived (E)- β -Farnesene Synthase Genes for a Novel Type of Aphid-resistant Genetically Modified Crop Plants. Journal of Integrative Plant Biology 54 (5), 282-299.

10. Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten Veröffentlichungen zum Projekt

Veröffentlichungen im Rahmen des Projekts	Jahr	Medium
Elfert, M.; Ulrich, D.; Fischer, M.; Hoffmann, Ch.; Strumpf, Th. (2013). Auf der Suche nach Biomarkern im Weinblattmetabolom. Journal für Kulturpflanzen, Band: 65, Heft: 1, Seite(n):19-23. ISSN/ISBN: 1867-0911	2013-01	Publikation
Grünwald, M.; Ulrich, D.; Schütze, W.; Vögele, R. T. (2013). Are metabolite fingerprints of grapevine leaves related to <i>Plasmopara viticola</i> resistance traits? Abstractband. KIT – University of the State of Baden-Wuerttemberg and National Research Center of the Helmholtz Association. Seite(n):96-96. XI International Fungal Biology Conference. Karlsruhe	2013-09	Tagungsbeitrag Poster
Elfert, M.; Ulrich, D.; Schütze, W. (2013). Metabolomischer Fingerabdruck von Rebsorten und Rebarten unterschiedlicher Resistenz gegen <i>Plasmopara viticola</i>. "Vom Anbau bis zum Verbraucher: Qualität in der Wertschöpfungskette" ; Abstractband. Deutsche Gesellschaft für Qualitätsforschung e. V.. Seite(n):41-41. 48. DGQ-Vortragstagung. Göttingen, Deutschland	2013-03	Tagungsbeitrag Poster
Elfert, M.; Ulrich, D.; Fischer, M.; Hoffmann, C.; Strumpf, T. (2012). Non-targeted analysis of the grapevine leaf metabolome. Fünftes Nachwuchswissenschaftlerforum 2012, 4. - 6. Dezember in Quedlinburg – Abstracts. Saphir-Verl.. Ribbesbüttel Heft: 167, Seite(n):17-17. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut. ISSN/ISBN: 1866-590X. Fünftes Nachwuchswissenschaftlerforum. Quedlinburg, Deutschland	2012-12	Tagungsbeitrag Vortrag
Elfert, M.; Ulrich, D.; Hoffmann, Ch.; Fischer, M.; Strumpf, T. (2011). Resistance against powdery and downy mildew of grapes - Searching for biomarkers in the grape leaf metabolome. Viertes Nachwuchswissenschaftlerforum : 29. - 1. Dezember 2011 in Quedlinburg ; Abstracts. JKI (Hrsg.). Julius Kühn-Inst.. Quedlinburg Heft: 162, Seite(n):33. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut. Viertes Nachwuchswissenschaftlerforum. Quedlinburg, Deutschland	2011-12	Tagungsbeitrag Vortrag
Fischer, M. (2012). Feldversuche zum Kupfereinsparpotential bei pilzwiderstandsfähigen Rebsorten. Fachgespräch „Kupfer als Pflanzenschutzmittel“, 7.12.2012, Berlin-Dahlem.	2012	Fachgespräch Vortrag
Fischer, M. (2013). Feldversuche zum Kupfereinsparpotential bei pilzwiderstandsfähigen Rebsorten. In: „Kupfer als Pflanzenschutzmittel“, eds. Kühne, S., Friedrich B., Röhrig P., Berichte aus dem Julius Kühn-Institut 170 , 62-67.	2013	Tagungsbeitrag Vortrag

II. Anhang zum Schlussbericht: kurz gefasster Erfolgskontrollbericht

Der Erfolgskontrollbericht soll, sofern im Einzelfall zutreffend, Angaben zu nachfolgenden Punkten enthalten. Es kann auf Abschnitte des Schlussberichts verwiesen werden. **Der Erfolgskontrollbericht wird nicht veröffentlicht.**

Darzustellen sind:

1. Beitrag des Ergebnisses zu den förderpolitischen Zielen

Das Projekt zielte darauf ab, wissenschaftliche Grundlagen zum Zwecke der Verringerung des Einsatzes von Kupfer im ökologischen Weinbau durch die Nutzung von Resistenzmechanismen zu erarbeiten und diese mittelfristig für Nutzungs- und Managementstrategien im Ökologischen Weinbau bereit zu stellen.

Um Kupferanwendungen bei anfälligen Rebsorten im ökologischen Weinbau mittelfristig zu reduzieren, muss verstärkt nach alternativen Wirkprinzipien und neuen Grundansätzen der Bekämpfung von Krankheiten gesucht werden. Das vorliegende Projekt sollte durch die Nutzung resistenter Reben auf unterschiedlichen Ebenen Auswege für den Ökoweinbau aus der Abhängigkeit von Kupfer finden.

Bei der visuellen Bewertung der Widerstandsfähigkeit von den acht eingeschulten ‚Hybridsorten/Amerikanerreben‘ gegenüber Falschem Mehltau wurde festgestellt, dass diese unterschiedlich stark ausgeprägte Abwehrreaktionen gegenüber der Rebenperonospora entwickeln.

Bei Wirksamkeitsversuchen mit ethanolhaltigen Blattextrakten (Ripatella, Weiße Isabella) auf abgetrennten Rebblättern war eine deutliche Stärkung der Blattgesundheit bei den Blättern der getesteten Rebsorten Regent, Phoenix und Rote Isabella nachweisbar.

Die Auswertung der Kupferreduktionsversuche im Freiland ergab, dass unter verstärkter Einbeziehung praxisüblicher Prognosemodell sich mit dem Anbau pilzwiderstandsfähiger Sorten durch Reduzierung des Anwendungszeitraumes und Berücksichtigung der besonders anfälligen Entwicklungsstadien („um die Blüte“) der Rebe **Kupferreduzierungspotentiale** im Weinbau erschließen lassen.

Das bei Anbau neuer *Vitis vinifera* Piwi-Sorten im Freiland minimal notwendige Maß an Pflanzenschutz wurde über drei Vegetationsperioden mit gestaffelten Spritzversuchen in diesem Projekt erstmals ermittelt. Daraus wurde ein durchschnittliches Einsparpotential an Kupfer bestimmt. Wenn auch pilzwiderstandsfähige Rebsorten nicht ganz ohne den Einsatz von Kupfer als Pflanzenschutzmittel auskommen, so ist dennoch über den Anbau ausgewählter PIWI-Sorten ein erhebliches Einsparpotential möglich, wie aus den Daten der befragten Betriebe hervorgeht.

Mit dem Anbau von pilzwiderstandsfähigen Rebsorten kann gezielt Kupfer eingespart werden. Anbaugesbiet, klimatische Voraussetzungen und betriebliche Abläufe beeinflussen die für den Pflanzenschutz notwendige Kupfermenge deutlich und führen zu einer starken Variabilität des Reduktionspotentials. Fest steht jedoch, dass die meisten Betriebe über den Anbau von pilzwiderstandsfähigen Rebsorten erhebliche Mengen an Kupfer einsparen können – je mehr PIWIs diese im Anbau haben, desto mehr Kupfer und auch Kosten können eingespart werden.

Ein weiterer positiver Aspekt, welcher sich durch den Anbau von pilzwiderstandsfähigen Rebsorten zeigt, ist eine erheblich reduzierte Anzahl an Pflanzenschutzmittelapplikationen. Somit können über den Anbau von PIWI-Sorten nicht nur Treibstoff, Maschinen- und Arbeitseinsatz und auch Pflanzenschutzmittel eingespart werden, sondern ebenfalls ein Beitrag zur Bodengesundheit erfolgen. Neben sinnvollen Gerätekombinationen beim maschinellen Einsatz im Weinberg bietet sich über den Anbau von PIWIs eine weitere Möglichkeit, das Bodenleben im Weinberg zu schonen und negativen Auswirkungen wie z. B. Bodenverdichtungen und Erosionen entgegen zu wirken.

2. das wissenschaftliche und technische Ergebnis des Vorhabens, die erreichten Nebenergebnisse und die gesammelten wesentlichen Erfahrungen

- Ermittlung von Resistenzmarkerkandidaten in ethanolhaltigen und wässrigen Blattextrakten, sowie in enzyminhibierten Blatthomogenisaten aus Reben, die eine hohe Resistenz gegenüber der Rebenperonospora aufweisen.
- Anzahl der Resistenzmarkerkandidaten innerhalb der Inhaltsstoffmuster eines bestimmten Rebenentwicklungsstadiums steigt mit zunehmendem Entwicklungsstadium.
- Inhaltsstoffmuster der Blattextrakte und Blatthomogenisate sind abhängig von Entwicklungsstadium der Reben und der Blattposition.

„Nutzung von Resistenzmechanismen verschiedener Rebartens als Alternative zum Einsatz von Kupfer im Ökoweinbau“ – Abschlussbericht des JKI, Januar 2011 – Dezember 2013

- Keine eindeutigen Aussagen mit Hinblick auf die Auswirkung von Rebextrakten im Sinne eines Pflanzenschutzes gegenüber Falschem Mehltau, *Plasmopara viticola*.
- Ermittlung der ausreichenden Aufwandmenge an Reinkupfer an tendenziell trockenen Rebstandorten für PIWI- und traditionelle Sorten
- Hinweis auf ein möglicherweise ausreichendes Spritzregime in Anlehnung an die Phänologie der Rebe (Spritztermine „um die Blüte“), hier weitere Überprüfung notwendig.

3. Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen und erteilte Schutzrechte

Entfällt für den Berichtszeitraum, könnte aber bei erfolgreichem Nachweis der Wirksamkeit in Freilandversuchen in Fortführung des Projektes zu zielbezogenen Verwertungen führen (Lizenzen u.a.).

4. wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende (mit Zeithorizont)

Durch die beteiligten Partner wurde in einem dreijährigen Projekt geprüft

a) inwieweit Extrakte aus resistenten Wildreben, die unter hohem Infektionsdruck wachsen, Wirkstoffe enthalten, die möglicherweise später als Pflanzenschutz- oder -stärkungsmittel gegen **Rebkrankheiten** eingesetzt werden können und

b) wie hoch das Kupfereinsparpotential bei pilzwiderstandsfähigen Rebsorten ist, die als *Vitis vinifera* Reben eingestuft sind.

Beide Wege wurden erfolgreich beschritten und damit eine Managementoption für den Ökologischen Weinbau bereit gestellt.

Die Ergebnisse sollten jedoch in einer 2jährigen Projektfortschreibung validiert werden, um die Handlungsspielräume bei der Sortenwahl der Ökowinzer zu erhalten, da auf absehbare Zeit sowohl traditionelle als auch pilzwiderstandsfähige Sorten im Ökoweinbau nebeneinander genutzt werden (Schwerpunkt derzeit: traditionelle Sorten). Der limitierende Faktor für pilzwiderstandsfähige Rebsorten ist im Moment noch die Akzeptanz durch den Verbraucher.

5. wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende

Das Vorhaben war mehrschichtig angelegt und liefert auf jeder Ebene Ergebnisse, die in die Praxis übernommen werden können. Dazu wird laufend über die Ergebnisse anlässlich der einschlägigen Fachtagungen zum Thema Pflanzenschutz im Weinbau berichtet, wobei vor allem Multiplikatoren aus der Weinbauberatung im Fokus stehen [Fachreferententagung Rebschutz des JKI, FDW-Tagung (national), IOBC-Tagung (international)]. Ferner sollen Publikationen in einschlägigen Weinbaufachzeitschriften erfolgen.

Die Ergebnisse werden bei positivem Ausgang in Empfehlungen für die Anwendung von Blattextrakten von Nicht-*Vitis-vinifera*-Rebsorten in ein Konzept für den Pflanzenschutz im ökologischen Weinbau einfließen, das dem Winzer ein Instrumentarium und die Möglichkeiten der Krankheits- und Schädlingsabwehr unter den Bedingungen eines minimierten Kupfereinsatzes einräumt. Abschließend erfolgt die Darstellung der Ergebnisse im Rahmen eines Symposiums unter Beteiligung von Arbeitsgruppen des ökologischen Weinbaus. Die Ergebnisse werden außerdem für die Verwendung auf Internetseiten aufbereitet.

Die dabei gewonnen Erkenntnisse zum Kupfereinsparpotential können sowohl für die Öffentlichkeitsarbeit gegenüber den Verbrauchern als auch für Kupfer-Management Konzepte, die über die Umtriebszeit einer Rebanlage hinausgehen, genutzt werden. Die Erkenntnisse können darüber hinaus von politischen Entscheidungsträgern genutzt werden, wenn es darum geht, Gelder für EU-Agrarumweltmaßnahmen sinnvoll zu kanalisieren.

6. wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit für eine mögliche notwendige nächste Phase

Die Feldversuche sollten weiterentwickelt werden. Es bedarf deshalb noch weiterer Untersuchungen, ob auch bei höherem Infektionsdruck trotz Verzicht/Reduzierung von Kupferapplikationen durch die Anwendung von Blattextrakten widerstandsfähiger Hybridreben das notwendige Maß an Sicherheit in der Produktionskette des Winzers erreicht werden kann.

Es wäre sinnvoll die Arbeiten unter Berücksichtigung aller Varianten am Standort zu wiederholen, sowie vergleichend ein entsprechendes Spritzregime (besonders bedeutsam die u.U. praxisrelevante Variante

„um die Blüte“) an anderen Standorten, mit bekannt erhöhtem Infektionsdruck durch *Peronospora*, durchzuführen.

Besonders bedeutsam wäre dies in Zusammenhang mit der Sorte Regent. Hier gab es während der letzten Jahre immer wieder Hinweise auf eine möglicherweise verminderte Resistenz gegenüber *Peronospora*; diesbezügliche Boniturdaten sollten aber unter Berücksichtigung der EPPO-Vorgaben validiert werden.

Des Weiteren wurde beobachtet, dass Europäerreben ein ‚Gedächtnis‘ bezüglich des Zeitpunktes erfolgter Kupferanwendungen zu besitzen scheinen. In wie weit dieses für weitere Kupferminimierungen genutzt werden kann, bedarf noch späterer Untersuchungen im Freiland.

Die Dokumentation und Kategorisierung der PIWIs sollte fortgeführt werden. Zur sortenabhängigen Auswertung des aktuellen Anbauumfangs von PIWI's in D und zur Ableitung praxisangelegter Kupfer-Minimierungspotentiale sollten perspektivisch Erhebungen der mit pilzwiderstandsfähigen Sorten bestockten Flächen bei ökologisch wirtschaftenden Betrieben (ECOVIN, BIOLAND) mit dem Ziel durchgeführt werden, ein neues - auf der Basis vorhandener Spritzpläne in den letzten Jahren aufgebrauchten Kupfers - Schlagkarteisystem bei den beteiligten ökologisch wirtschaftenden Qualitätsweinbaubetrieben, einzuführen.

Aus den Untersuchungen kann abgeleitet werden, dass die PIWIs gerade in Jahren mit ungünstigem Witterungsverlauf keine ausreichenden Schutzmechanismen gegenüber der Rebenperonospora über die gesamte Vegetationsperiode entwickeln. Hier sind weiterführende Untersuchungen erforderlich, ob Behandlungen mit geeigneten Amerikanerrebextrakten zu einem wirksamen Pflanzenschutz – unter Reduzierung/Verzicht von Kupfer – führen können.

Überprüfung der Resistenzmarkerkandidaten auf ihre fungizide Wirkung in Blattscheibentests und nachfolgenden Gewächshausversuchen an intakten Reben. Dieser Vorschlag beruht auf der Einschätzung, dass die nachgewiesenen Resistenzmarker ein großes Potential zur Entwicklung eines Diagnoseverfahrens für die Züchtung haben.

7. Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer

Die zu dem Projekt gefertigten Zwischenberichte vom 23. November 2011 und vom 23. April 2013 dienten dem Ziel, das BMEL und den Zuwendungsgeber im Rahmen des ‚Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft‘ aktuell über den Ergebnisfortschritt zu informieren, um frühzeitig mögliche Handlungsoptionen im Rahmen der ‚Kupferminimierungsstrategie‘ der Bundesregierung für die Sonderkultur Weinbau zu entwickeln.

Parallel dazu wurden Vertreter von Behörden und Anbauverbänden über die Ergebnisse der praxisrelevanten Feldversuche zum Kupfereinsparpotential bei pilzwiderstandsfähigen Rebsorten in den Fachgesprächen „Kupfer als Pflanzenschutzmittel“ unterrichtet. Durch die Einbindung ökologisch wirtschaftender Betriebe über die Anbauverbände werden Anwenderkonferenzen und –seminare zu den Möglichkeiten eines kupferreduzierten Pflanzenschutzes beim Anbau von PIWI's durch die Anbauverbände unter Hinzuziehung von Fachexperten auch im Nachgang des Projektes möglich sein.

8. Einhaltung der Ausgaben- und Zeitplanung

Der Ausgabenplan und die Zeitplanung wurden entsprechend den Vorgaben des Zuwendungsgebers eingehalten.

Anhang 1:**„Pflanzplan“ Parzelle 24 am Standort Geilweilerhof****Erläuterungen zum Pflanzplan:**

Gesamtfläche ca. 1ha.

Länge x Breite der Fläche 60m x 150m

WB: Weißburgunder	(gesamt 1152 Stöcke in 16 Reihen)
SB: Spätburgunder	(gesamt 1152 Stöcke in 16 Reihen)
CA: Calandro	(gesamt 864 Stöcke in 12 Reihen)
RE: Regent	(gesamt 910 Stöcke in 16 Reihen)

Die schwarzen Einzelmarkierungen innerhalb einer Sorte stehen für je einen Rebstock. Die bunten Farbtafeln am Ende jeder Fläche kennzeichnen die Wiederholungen innerhalb einer Sorte, eine halbe Reihe entspricht einer Wiederholung:

rot:	Variante "0"	0g Reinkupfer ¹ /ha)
gelb:	Variante "2860"	2860g Reinkupfer/ha)
blau:	Variante "2265"	2265 g Reinkupfer/ha)
weiß:	Variante „1885“	1885 g Reinkupfer/ha)
grün:	Variante „1635“	1635 g Reinkupfer/ha)
lila:	Variante „um die Blüte“	1635 g Reinkupfer/ha)
hellocker:	Variante „Ökowerndienst“	2860 g Reinkupfer/ha)
dunkelocker:	Variante „VitiMeteo“	2860 g Reinkupfer/ha)

¹ Funguran progress® (35% Reinkupfer)

46

1151 Stock

910 Stock

Anhang 2: Versuchsaufbau Topfpflanzen

Anordnung der mit *Plasmopara viticola* inokulierten Reben

[illegible][illegible][illegible]

Extrakte:	1	2	3	4	5
Vitis riparia					
Ripatella					
Isabella					
Regent					
Calandro					

Kontrollen:		+	-	infiziert mit <i>Plasmopara viticola</i>
6				
7				

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Hierarchische Clusterung der Extrakte und ihrer Inhaltsstoffe nach Kendall Tau ergibt Cluster 1-5. Probenbezeichnung (horizontal) setzt sich zusammen aus Probenkürzel, BBCH und Anzahl der technischen Wiederholung. Probenkürzel: Phoenix = pho, Regent = reg, Calandro = cal, Weiße Isabella = wis, Akzession 76-50-1 = vri, Ripatella = rip. pho9.2 ist daher die 2. technische Wiederholung des Phoenixextraktes mit BBCH 9. Substanzidentifikationsnummer (vertikal) s.Tab. 6. 14
- Abb. 2: Hierarchische Clusterung der enzyminhibierten Blatthomogenisate Berlin 2011 (B-2011), Siebeldingen 2011 und 2012 (S-2011 und S-2012) mit BBCH 6 nach Kendall Tau ergibt 3 Cluster. Probenbezeichnung (horizontal) setzt sich zusammen aus Probenkürzel und der Anzahl der Wiederholung. Probenkürzel: Müller-Thurgau = mlt, Riesling = rie, Phoenix = pho, Regent = reg, Delaware = del, Othello = oth, Concord = con, Ripatella = rip, Rote Isabella = ris, Weiße Isabella = wis, Akzession 76-50-1 = vri1, Akzession 76-49-22 = vri2, *Vitis labrusca* = vla. Substanzidentifikationsnummer (vertikal) siehe Tab. 6. 18
- Abb. 3: Anteil nekrotischer Blattfläche (%) nach 6 Tagen Inkubation bei 18°C in Plastischalen in 2 unabhängigen Versuchen. Abgetrennte Blätter mit Ausgangsbefall von 7-10% der Sorten Regent, Phönix und Rote Isabella aus 2 Probenahmen im Abstand von 5 Tagen. Die Behandlung erfolgte durch Sprühen tropfnass mit Wasser/Ethanolgemisch (Kontrolle), ethanolhaltige Extrakte aus Ripatella und Weißer Isabella (Herstellung in Dahlem); Versuch 1 (links) und Versuch 2 (rechts) 21
- Abb. 4: Befallsbonitur der Blattscheiben 8 Tage nach erfolgter Infektion: Mittelwerte und Standardabweichung nach Applikation ausgewählter Extrakte von Rebsorten und *Vitis*-Arten (nach OIV-Deskriptor 452-1) auf Blätter von Müller-Thurgau, Riesling, Weißburgunder, Spätburgunder, Regent und Calandro. Die Negativkontrolle (H₂O statt Sporensuspension) zeigte keinen Befall und ist insofern hier nicht aufgeführt. 23
- Abb. 5: Sortenspezifische Befallsschwere (%) nach Applikation der Blattextrakte, Ergebnis Mittelwerte incl. Standardabweichungen aus drei Wiederholungen. Die Bonitur der Befallsschwere erfolgte 8 Tage nach aufgetragener Infektion. Dabei wurde der prozentuale Befall der Blattfläche bestimmt (für die Blattbonitur folgte die angewandte Methode den EPPO-Richtlinien; siehe <http://www.eppo.org/>). 24
- Abb. 6: Sortenspezifische Befallshäufigkeit (%) nach Applikation der Blattextrakte, Ergebnis Mittelwerte incl. Standardabweichungen aus drei Wiederholungen. Die Bonitur der Befallshäufigkeit erfolgte 8 Tage nach aufgetragener Infektion. Dabei wurde der Anteil der befallenen Blätter bestimmt (für die Blattbonitur folgte die angewandte Methode den EPPO-Richtlinien; siehe <http://www.eppo.org/>). 25
- Abb. 7: Durchschnittlich ausgebrachte Kupfer-Mengen (kg/ha) pro Jahr der befragten Betriebe bei pilzwiderstandsfähigen und nicht-pilzwiderstandsfähigen Rebsorten. 35
- Abb. 8: Kupfer-Einsparpotential von acht repräsentativ ausgewählten Qualitätsweinbau-betrieben in den Jahren 2010 - 2013. 35
- Abb. 9: Anzahl der Spritzmittelapplikationen bei pilzwiderstandsfähigen und nichtpilzwiderstandsfähigen Rebsorten in den befragten Betrieben 36

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Rebengenotypen, aus denen ethanolhaltige Extrakte hergestellt wurden	7
Tab. 2:	Herstellungsdatum der Extrakte in Siebeldingen und Berlin sowie Entwicklungsstadien nach BBCH zum Zeitpunkt der Extrakterstellung.....	8
Tab. 3:	Spritzplan zur Bestimmung des Kupfer-Reduktionspotentials an PIWI-Sorten im Vergleich zu traditionellen Sorten mit unterschiedlichen Aufwandmengen an Reinkupfer.....	11
Tab. 4:	Resistenzmarkerkandidaten in ethanolhaltigen Extrakten mit entsprechenden Spearman-Rangkoeffizienten (ρ). Die Extrakte der vier Entwicklungsstadien BBCH 7-9 wurden getrennt analysiert. Siebeldinger Extrakte sind nicht aufgeführt, da keine Rangkoeffizienten $\geq 0,70$ auftraten.....	15
Tab. 5:	Resistenzmarkerkandidaten in enzyminhibierten Homogenisaten mit entsprechenden Spearmanrangkoeffizienten $\rho \geq 0,70$. Die Homogenisate der drei Cluster B-2011, S-2011 und S-2012 wurden getrennt analysiert.....	17
Tab. 6:	detektierte Inhaltstoffe der ethanolischen Extrakte. ID=interne Identifizierungsnummer; Substanzen sind vorläufig identifiziert; RI = Retentionsindex auf einer ZB-Wax Säule, Vorkommen der Substanzen in den unterschiedlichen Entwicklungsstadien (BBCH 6-9). Index B: Berlin; S: Siebeldingen	19
Tab. 7:	Befallsschwere (BS) und Befallshäufigkeit (BH) in Prozent zum Zeitpunkt der Bonitur am 27.8.2013: errechneter Mittelwert und Standardabweichung (zur Anzahl der Wiederholungen je Sorte/Variante s. Anhang „Pflanzplan“).....	28
Tab. 8:	ECOVIN-Mitgliedsbetriebe (D) und Anbau von PIWI-Rebsorten (Stand 2010)	32
Tab. 9:	Ausgewählte Betriebe und deren Anteil an pilzwiderstandsfähigen Rebsorten (Stand 2013)	33
Tab. 10:	PIWI-Sorten der teilnehmenden Betriebe und deren Flächenanteile (Stand 2013)	33
Tab. 11:	Kupferaufwand der einzelnen Betriebe für PIWI- und Nicht-PIWI-Sorten (Durchschnitt 2010-2013)	34
Tab. 12:	Kupferaufwandmenge im Vergleich zum Piwi-Anteil (2009 – 2010)	36
Tab. 13:	Ausgebrachte Kupfermengen für die einzelnen Rebsorten in den Jahren 2010-2013	37

Bildverzeichnis

Bild 1 Größe der Reben bei Extraktapplikation.....	1
Bild 2 Inkubation nach Infektion mit <i>Plasmopara</i>	1
Bild 3 Versuchsfläche Kupfer-Reduzierung am Standort Geilweilerhof. Im Vordergrund der Bereich Regent; nach hinten (Westen) schließen sich die Sorten Calandro, Spätburgunder und Weißburgunder an. Undeutlich erkennbar sind die Farbtafeln, die die unterschiedlichen Versuchsvarianten kennzeichnen (Aufnahme vom 23.8.2012).....	10
Bild 4: Habitus der Blätter der Sorten Regent und Phönix aus Versuch 2 nach 6 Tagen Inkubation in Plastikschalen; behandelt durch Sprühen tropfnass mit Wasser (Kontrolle) und ethanolhaltigen Blattextrakten aus Ripatella bzw. Weißer Isabella.....	22
Bild 5: Calandro: Beeren aus der Variante „minimal“ (0 g Reinkupfer) bzw. „um die Blüte“ (1.150 g Reinkupfer) zum Zeitpunkt 27.8.2013. Anzeichen von Befall mit <i>Peronospora</i> sind nicht erkennbar.....	26
Bild 6: Spätburgunder: Blätter aus den Varianten „minimal“ (0 g Reinkupfer, links) bzw. „1750“ (1.750 g Reinkupfer, rechts) zum Boniturdatum 27.8.2013. Anzeichen von Befall mit <i>Peronospora</i> sind z.T. bei der Variante „0“ erkennbar.	27
Bild 7: Regent, unbehandelte Variante: Laubwand (links) und Trauben (rechts) zum Zeitpunkt 4.10.2013. Pero-Befall ist nur in sehr geringem Ausmaß, im oberen Bereich (Zuwachs!) der Laubwand, zu erkennen.	30
Bild 8: Calandro, unbehandelte Variante: Laubwand und vereinzelt Trauben zum Zeitpunkt 4.10.2013. Die Laubwand ist weitestgehend frei von Pero-Befall.....	30
Bild 9: Spätburgunder, unbehandelte Variante: Laubwand (links) und Trauben (rechts) zum Zeitpunkt 4.10.2013 . Pero-Befall ist vor allem im oberen Bereich (Zuwachs!) der Laubwand zu erkennen.....	30
Bild 10: Weißburgunder, unbehandelte Variante: Laubwand (links) und Trauben (rechts) zum Zeitpunkt 4.10.2013. Pero-Befall ist nur in geringem Ausmaß, im oberen Bereich (Zuwachs!) der Laubwand, zu erkennen.	31